

ZEITSCHRIFT

FÜR

KRYSTALLOGRAPHIE

UND

MINERALOGIE

UNTER MITWIRKUNG

ZAHLREICHER FACHGENOSSEN DES IN- UND AUSLANDES

HERAUSGEGEBEN

VON

**P. GROTH.**

---

ACHTUNDZWANZIGSTER BAND.

MIT 10 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN UND 66 FIGUREN  
IM TEXT.

---

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1897.





# Inhaltsverzeichnis des achtundzwanzigsten Bandes.

## Heft I. (Geschlossen am 7. December 1896.)

	Seite
I. <i>V. Goldschmidt</i> , über Entwicklung der Krystallformen. I. Theil. Mit 9 Textfiguren . . . . .	1
II. <i>E. von Fedorow</i> , Beitrag zur Sygonielehre. Mit 7 Textfiguren . . . . .	36
III. <i>J. Beckenkamp</i> , zur Symmetrie der Krystalle. 5. Mittheilung. Mit Tafel I und II und 1 Textfigur. . . . .	69
IV. <i>Auszüge</i> .	
1. <i>P. Jannettaz</i> und <i>M. Goldberg</i> , Härtebestimmungen mit dem Usometer. . . . .	103
2. <i>G. A. Borel</i> , Untersuchungen über Brechung und Dispersion der ultravioletten Strahlen in einigen krystallisirten Substanzen. . . . .	103
3. <i>G. Cesàro</i> , über die Bezeichnung am Gyps beobachteter Flächen mit complicirten Indices . . . . .	105
4. <i>F. Stöber</i> , über Epidot von Quenast und Baryt von Fleurus . . . . .	106
5. <i>G. Cesàro</i> , über ein wahrscheinlich neues Silicat . . . . .	107
6. <i>Ders.</i> , Krystallform des $\alpha$ -Isodypnopinakolin und seines Destillationsproductes . . . . .	107
7. <i>Ders.</i> , Zinnober von Rocheux . . . . .	108
8. <i>F. Stöber</i> , über künstlichen Cotunnit . . . . .	108
9. <i>Ders.</i> , über die Bestimmung der Brechungsindices von Prismen mit grossem brechenden Winkel . . . . .	109
10. <i>G. Cesàro</i> , über die Änderung der krystallographischen Axen . . . . .	110
11. <i>L. L. de Koninck</i> , über ein künstliches wasserhaltiges Magnesiumsilicat . . . . .	111
12. <i>G. Cesàro</i> , Zersetzungsproducte der Zinkblende durch kohlen-saures Wasser . . . . .	111
13. <i>A. Bensaude</i> , Notiz über die Corrosion eines doppeltbrechenden Alauns . . . . .	112

## Heft II. (Geschlossen am 16. Januar 1897.)

V. <i>W. J. Pope</i> , Die Refractionconstanten krystallisirter Salze . . . . .	113
VI. <i>Ders.</i> , eine Acetonverbindung der Camphersäure. Mit 1 Textfigur . . . . .	128
VII. <i>E. Weinschenk</i> , Beiträge zur Mineralogie Bayerns. . . . .	135
1. Vorkommnisse aus den Graphitlagerstätten nordöstlich von Passau . . . . .	136
2. Der sogenannte Anthophyllit von Bodenmais . . . . .	160
3. Spessartin von Aschaffenburg . . . . .	162
VIII. <i>C. Viola</i> , über ein Universalinstrument für Krystallographie. Hierzu Taf. III, Fig. 1 u. 2. . . . .	165
IX. <i>V. Goldschmidt</i> , über einen interessanten Fall der krystallinen Entschmelzung. Hierzu Tafel III, Fig. 3—7. . . . .	169
X. <i>C. Hintze</i> , über krystallisirten Phenakit aus Schlesien . . . . .	174

XV. K. Thaddéeff, die chemische Zusammensetzung und das spezifische Gewicht des Sulfoborits . . . . .	264
XVI. E. von Fedorow, der Granat von den Turjinsk'schen Gruben. Mit 11 Textfiguren . . . . .	276
XVII. E. Weinschenk, über den Graphitkohlenstoff und die gegenseitigen Beziehungen zwischen Graphit, Graphitit und Graphitoid . . . . .	291
XVIII. Kürzere Originalmittheilungen und Notizen:	
1. C. Ochsenius, verschiedene Grade von Durchsichtigkeit an einzelnen Chlornatriumkrystallen. Mit 1 Textfigur . . . . .	305
2. L. Brugnatelli, Linarit von der Grube S. Giovanni (Sardinien). Mit 1 Textfigur . . . . .	307
3. L. J. Igelström, Gersbyit und Munkrudit, zwei neue Mineralien vom Kirchspiel Ransäter, Gouvernement Wermland, Schweden . . .	310
4. H. Bückström, Krystallform des Iridiumtetraminrichlorid . . . .	312
XIX. Auszüge:	
1. J. G. Spenser, $\beta$ -Bromvaleriansäure . . . . .	314
2. H. W. Turner, weitere Notizen über die Golderze von Californien . .	314
3. J. H. Pratt, Doppelhaloide von Cäsium, Rubidium, Natrium und Lithium mit Thallium . . . . .	315
4. E. Kidwell, über eine Steinbrechmaschine . . . . .	316
5. W. H. Hobbs, Krystallform des Borneol und Isoborneol . . . . .	316
6. L. Mc J. Luquer und G. J. Volckening, Sodalithanalysen von drei neuen Vorkommen . . . . .	317
7. W. Niven, über einen neuen Fundort von Xenotim, Monazit etc. auf Manhattan Island . . . . .	318
8. F. W. Clarke, über einen Granat von Californien . . . . .	318
9. W. M. Foote, über Leadhillitpseudomorphosen von Granby, Mo . . .	319
10. W. H. Hobbs, mineralogische Notizen . . . . .	319
11. W. F. Hillebrand, Calaverit vom Cripple Creek, Col. . . . .	320
12. W. H. Sherzer, gediegener Schwefel in Michigan . . . . .	321
13. G. Chr. Hoffmann, über ein bleiführendes Fahlerz . . . . .	321
14. R. L. Packard, über das Vorkommen von Kupfer im westlichen Idaho . . . . .	322
15. J. F. Kemp, krystalliner Kalk, Ophicalcit und begleitende Schiefer aus den östlichen Adirondack-Bergen . . . . .	322
16. G. Chr. Hoffmann, chemische Beiträge zur Geologie Canadas . . .	322
17. G. F. Becker, über die Goldfelder der südlichen Apalachen . . .	325
18. F. W. Clarke, Die Constitution der Silicate . . . . .	326
19. L. V. Pirsson, Pyroxen von Montana . . . . .	333
20. A. J. Moses, mineralogische Notizen . . . . .	333
21. W. D. Matthew, Monazit und Orthoklas vom »South Lyme, Conn.« .	334
22. E. O. Hovey, Notizen über einige Mineralien von »Washington Heights, New-York City« . . . . .	334
23. W. H. Hobbs, ein Beitrag zur Mineralogie von Wisconsin . . . .	335
24. H. A. Wheeler, neue Beiträge zur Mineralogie von Missouri. . .	335
25. Ders., Bemerkung über ein Vorkommen von Blende in Lignit . . .	335
26. G. P. Merrill, Bemerkungen über Asbest und asbestähnliche Mineralien	336
27. Ders., Der Onyx-Marmor . . . . .	336
28. G. O. Smith, über Krystalle von Skapolith, Gyps und Fayalit. . .	336



## Heft IV und V. (Geschlossen am 6. Mai 1897.)

Seite

XX. A. Fock, über die Löslichkeit von Mischkrystallen und die Grösse des Krystallmoleküls. Mit 15 Textfiguren . . . . .	337
XXI. V. Goldschmidt, über Entwicklung der Krystallformen. II. Theil. Hierzu Tafel V—VIII. . . . .	414
XXII. C. Viola, über Homogenität. . . . .	452
XXIII. E. von Fedorow, nachträgliche Studien über Symmetriellehre. Mit 3 Textfiguren . . . . .	468
XXIV. Ders., Versuch einer Theorie der Thermodynamik der Krystalle. Mit 2 Textfiguren. . . . .	483
XXV. Auszüge.	
1. B. K. Emerson, ein mineralogisches Lexikon von Franklin, Hampshire und Hampdon Co, Massachusetts . . . . .	502
2. A. C. Gill, Krystallform des Paranthracens . . . . .	505
3. Tadasu Hiki, über den Topas von Mino. . . . .	505
4. A. G. Högbom, Mineralien von Alnö . . . . .	506
5. Ders., Beryll als Neubildung in einer Pseudomorphose nach Beryll . . . . .	506
6. A. G. Nathorst, Achat als Spaltenfüllung in dem Varberg-Granit . . . . .	506
7. H. Bäckström, ein dem Pinakolith nahestehendes Mineral von Långban . . . . .	506
8. Hj. Sjögren, Untersuchungen an schwedischen Mineralien. . . . .	507
9. Ders., Celsian, ein dem Anorthit entsprechender Baryumfeldspath von Jakobsberg . . . . .	511
10. O. Nordenskiöld, Krystallographische und optische Untersuchung von Edingtonit. G. Lindström, Analyse des Edingtonit von Bölet. . . . .	512
11. H. Hedström, Krystallform einiger Hydroxylaminderivate . . . . .	513
12. A. Hamberg, Krystallform des Platoäthylsulfinjodids . . . . .	514
13. P. J. Holmquist, Krystallform des (1)Phenyl-(3)paraoxyphenyl-(5)cyantrinazol . . . . .	514
14. W. Palmaer, Krystallform einiger Iridiumverbindungen . . . . .	514
15. Th. Loewinson-Lessing, über den Pyrophyllit von Pyschmink (Beresowsk) im Ural . . . . .	516
16. M. Tolstoptiatow, über die Einschlüsse von Topaskrystallen vom Ural, von Brasilien und Sachsen . . . . .	517
17. P. v. Jeremejeff, über einige neue Krystallformen und die innere Struktur des Zirkons aus dem Ilmengebirge und den Goldseifen des Kyschtsimschen Bergreviers im Ural . . . . .	519
18. Ders., über vier Pseudomorphosen aus uralischen Fundorten . . . . .	521
19. Ders., über die Absonderungsflächen von Krystallen des Eisenglanzes, Diopsids, Klinochlors und Antimonglanzes . . . . .	521
20. Ders., über Beryllkrystalle aus dem Ilmengebirge, der Umgegend von Mursinka am Ural und dem Kuchuserkensgebirge im Nertschinskischen Bezirk. . . . .	522
21. Ders., über die Krystalle des Zinnsteins, Zirkons, Granats, Amphibols, Epidots, Cyanits, Stauroliths und Zinnobergerölle aus der Goldseife am Flusse Ssuchaja im Nertschinskischen Bezirke. . . . .	523
22. Ders., über ästige Krystallverwachsungen von gediegenem Silber aus der Urjumsk'schen Goldseife im Nertschinskischen Bezirk . . . . .	524

23. <i>Ders.</i> , über einen neu aufgefundenen Diamantkrystall aus dem südlichen Ural (Julia'sche Goldseife am Fl. Kamjenka, Ssanarka'sches System) . . . . .	524
24. <i>Ders.</i> , über Pseudomorphosen von Brauneisenstein und Göthit nach verschiedenen Mineralien russischer Fundorte. . . . .	524
25. <i>Ders.</i> , über Goldkrystalle aus dem Gebiete der Don'schen Kosaken, des Monetnaja-Reviere am Ural, der Olekma'schen Gruben und vom Flusse Ssujenga im Altai'schen Kreise . . . . .	525
26. <i>Ders.</i> , über einen Fluorapatitkrystall aus den Smaragdgruben am Ural . . . . .	525
27. <i>W. Alexjejeff</i> , über ein neues Meteoreisen aus der Umgegend von Krasnojarsk. . . . .	525
28. <i>A. Lagorio</i> , über Lembergite und mit demselben verwandte Verbindungen. . . . .	526
29. <i>P. Zemjatschensky</i> , kurze vorläufige Mitteilung über die Reise nach Kaukasien im Sommer 1894 . . . . .	526
30. <i>K. Glinka</i> , über eine neue Lagerstätte des Pyromorphits am Berge Bukuwka in der Nähe der Stadt Kielitze . . . . .	526
31. <i>Ders.</i> , zur Frage über die Entstehung des Glaukonits . . . . .	526
32. <i>P. Jeremejeff</i> , über ein Aggregat von Gypskrystallen aus den Sanden des transkaspischen Gebietes (zwischen Merw und dem linken Ufer von Amu-Darja) . . . . .	527
38. <i>A. Karnojitzky</i> , über eine Sammelreise nach den Mineralgruben des Central-Ural . . . . .	527
34. <i>K. v. Chrustschow</i> , über reguläre Kieselsäurekrystalle. . . . .	527
35. <i>G. Bodländer</i> , die Zusammensetzung des Polybasits . . . . .	527
36. <i>O. Mügge</i> , regelmässige Verwachsung von Pyrit mit Fahlerz in Pseudomorphosen nach letzterem . . . . .	528

## Heft VI. (Geschlossen am 10. Juni 1897.)

XXVI. <i>A. Wichmann</i> , über den Breislakit. Hierzu Tafel IX, Fig. 1—3 . .	529
XXVII. <i>H. Baumhauer</i> , neue Beobachtungen am Binnit und Dufrenoyzit. Hierzu Tafel IX, Fig. 4—9 . . . . .	545
XXVIII. <i>C. Viola</i> , das Vorkommen von Lawsonit in der Basilicata (Unteritalien)	553
XXIX. <i>F. J. P. van Calker</i> , Beitrag zur Kenntniss des Pseudogaylussit und über dessen Vorkommen in Holland. Hierzu Tafel IX, Fig. 10—15	556
XXX. <i>C. Viola</i> , über Ätzfiguren am Gyps. Hierzu Tafel X . . . . .	573
XXXI. <i>S. L. Penfield</i> und <i>H. W. Foote</i> , über Rößlingit, ein neues, schweflige Säure und Blei enthaltendes Silicat von »Franklin Furnace, N. J.« .	578
XXXII. <i>J. H. Pratt</i> und <i>H. W. Foote</i> , über Wellsit, ein neues Mineral. Mit 3 Textfiguren. . . . .	581
XXXIII. <i>S. L. Penfield</i> , über die chemische Zusammensetzung des Hamlinits und sein Vorkommen mit Bertrandit in Oxford County, Maine. Mit 2 Textfiguren. . . . .	588
XXXIV. <i>S. L. Penfield</i> und <i>H. W. Foote</i> , über Bixbyit, ein neues Mineral, mit einer Notiz über den begleitenden Topas. Mit 4 Textfiguren . .	592
XXXV. <i>Dies.</i> , Notiz über die Zusammensetzung des Ilmenits. . . . .	596
XXXVI. <i>S. L. Penfield</i> und <i>A. Frenzel</i> , über die Identität des Chalkostibit (Wolfsbergit) mit Guejarit und über Chalkostibit von Huanchaca, Bolivia. Mit einem Zusatze von <i>A. Frenzel</i> . Hierzu 4 Textfiguren.	598



XXXVII. *Auszüge.*

1. <i>K. Busz</i> , Mittheilungen über Caledonit, Kamarezit, Breithauptit und Magnetkies . . . . .	610
2. <i>B. Doss</i> , über Pseudomorphosen von Anatas nach Titanit im Syenit des Plauen'schen Grundes . . . . .	613
3. <i>A. Bergeat</i> , über einige bemerkenswerthe Rutilvorkommnisse aus der Umgebung Freibergs . . . . .	614
4. <i>O. Mügge</i> , über regelmässige Verwachsungen von Barytocalcit und Witherit mit einer besonderen Varietät des Baryt. . . . .	614
5. <i>Ders.</i> , zur Kenntniss der optischen Eigenschaften des Syngenit . . . . .	617
6. <i>F. Gröff</i> , zur Kenntniss des Prehnit und Datolith vom Fuchsköpfe bei Freiburg i. B. . . . .	618
7. <i>M. Bauer</i> , Durchsichtiger blauer Spinell von Ceylon . . . . .	618
8. <i>Kleefeld</i> , fluorescirende Opale. . . . .	619
<i>A. Wichmann</i> , über die angebliche Fluorescenz des Edelopals . . . . .	619
9. <i>E. Philippi</i> , Zwillingslamellirung am Schwerspath von Primaluna . . . . .	619
10. <i>G. Halle</i> , neues vervollständigtes Dichroskop. . . . .	620
11. <i>S. J. Thugutt</i> , zur Chemie einiger Alumosilicate . . . . .	620
12. <i>R. Camerer</i> , über die Totalreflexion des Lichtes an dichten (derben) krystallinischen Substanzen . . . . .	623
13. <i>K. Mack</i> , Doppelbrechung elektrischer Strahlen . . . . .	624
14. <i>A. Righi</i> , über die Doppelbrechung der elektrischen Strahlen . . . . .	625
15. <i>K. Mack</i> , über die Doppelbrechung der elektrischen Strahlen. 2. Mittheilung. . . . .	625
16. <i>V. Biernacki</i> , eine einfache objective Darstellung der Hertz'schen Spiegelversuche . . . . .	626
17. <i>P. Lebedew</i> , über die Doppelbrechung der Strahlen elektrischer Kraft . . . . .	626
18. <i>W. von Bezold</i> , Bemerkungen zu der Abhandlung des Hrn <i>Mack</i> , über die Doppelbrechung elektrischer Strahlen . . . . .	627
19. <i>L. Grütz</i> und <i>L. Fomm</i> , über normale und anomale Dispersion elektrischer Wellen . . . . .	627
20. <i>H. Rubens</i> , die Ketteler-Helmholtz'sche Dispersionsformel . . . . .	627
21. <i>F. Paschen</i> , über die Wellenlängenscala des ultrarothten Flussspath-spectrums . . . . .	628
22. <i>Ders.</i> , Dispersion und Diëlektricitätsconstante . . . . .	629
23. <i>E. Ketteler</i> , Ableitung der Gleichungen der elektromagnetischen Lichttheorie aus den Erfahrungsthatfachen der Krystalloptik . . . . .	630
<i>Ders.</i> , die Gesetze der Lichtbewegung in absorbirenden Krystallen . . . . .	630
<i>Ders.</i> , eine neue Form der Gesetze der Lichtbewegung in absorbirenden Krystallen und ihre Anwendung auf die Theorie der Totalreflexion an durchsichtigen Krystallen. . . . .	630
24. <i>E. Merritt</i> , über den Dichroismus von Kalkspath, Quarz und Turmalin für ultraroth Strahlen . . . . .	630
25. <i>O. Mügge</i> , über die Plasticität der Eiskrystalle. . . . .	632
26. <i>B. Walter</i> , die Oberflächen- oder Schiller-Farben . . . . .	632
27. <i>A. Nies</i> , Krystallbeschreibung . . . . .	636
<i>Autorenregister</i> . . . . .	638
<i>Sachregister</i> . . . . .	644
<i>Berichtigungen und Zusätze</i> . . . . .	650



Digitized by the Internet Archive  
in 2024



# I. Ueber Entwicklung der Krystallformen.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

## I. Theil.

(Mit 9 Textfiguren.)

**Allgemeine Aufgabe.** Aufgabe der Krystallographie ist, die Eigenschaften der Krystalle, darunter die Formen, aus den Eigenschaften der Partikel mechanisch abzuleiten. Das wird erst dann möglich sein, wenn wir diese Eigenschaften und die auftretenden mechanischen Gesetze kennen. Wir wollen letztere aber erst finden, und zwar mit Hülfe der Eigenschaften der Krystalle, zunächst der Krystallformen. Die nächste Aufgabe ist daher, Beziehungen zwischen den Formen der Krystalle und den Eigenschaften der Partikel aufzusuchen. Zu diesem Zweck ist das reiche Material der Formbeschreibung in Tabellen und Bildern übersichtlich zu ordnen; die sich daraus ergebenden Regelmässigkeiten sind in Gruppen zusammenzufassen und durch Hypothesen unter sich und mit den vermutheten Eigenschaften der Partikel zu verknüpfen. Die gefundenen Beziehungen sind in Formeln zu bringen, die einer mechanischen Discussion fähig sind. Bei dem Versuch einer Mechanik der Krystallpartikel wird sich zeigen, ob die aufgestellten Begriffe (Definitionen), Hypothesen und Formeln bestehen können, oder ob sie Aenderungen erleiden müssen. Sie haben ihren Dienst gethan und machen besseren Platz, wenn sie die mechanische Behandlung ermöglicht und eingeleitet haben.

Die Begriffe, mit denen wir zunächst arbeiten, werden also nicht mechanisch abgeklärte sein, aber auch nicht rein beschreibende. Sie sollen die bekannten Thatsachen der Anschauung und Erfahrung mit der aufzufindenden Mechanik der Partikel verknüpfen. Gelingt es erst, den Verkehr mit dem jenseitigen Ufer durch Kähne und Stricke herzustellen, so lässt



sich dann eine feste Brücke schlagen, auf der man sicher herüber und hinüber gehen und der schwachen und schwankenden Behelfe entbehren kann.

Anmerkung. Die gleiche Arbeit ist für die Chemie zu verrichten. Wie wir den Aufbau des Krystalles aus Partikeln zu erkennen und die Mechanik der Partikel im Krystall herzuleiten suchen, so sucht die Chemie den Aufbau des Moleküls aus den Atomen und die Mechanik der Atome im Molekül. Auch da mussten wiederholt Definitionen, Hypothesen, Formeln anderen weichen, und sie werden noch manchmal wechseln, bis sie den erwünschten Inhalt haben, so dass wir durch sie die mechanisch definierten Eigenschaften der Moleküle aus den mechanisch definierten Eigenschaften der Atome ableiten können<sup>1)</sup>.

**Nächstes Ziel. Entwicklung der Krystallformen.** Wenn wir Form und Kraft durch die Hypothese verbinden:

»Jede Fläche ist krystallonomisch möglich, die senkrecht steht auf einer Partikel-Attractionsrichtung<sup>2)</sup>«,

so zeigt sich aus der Erfahrung

»die Möglichkeit, die Entwicklung aller an einer Krystallart beobachteten Formen aus einigen wenigen Flächen, resp. den sie nach obigem Satze vertretenden Kräften, herzuleiten«.

Daraus folgen zwei Aufgaben:

1. Ableitung der krystallbauenden Primärkräfte der Partikel nach Intensität und Richtung aus den Formen (Induction), die Gesetze der Formenentwicklung (Copula) und die Ableitung der Formen aus den Primärkräften (Deduction).
2. Begründung der Hypothese aus den Eigenschaften, der Anordnung und dem Zusammenwirken der Partikel.

**Weg der Untersuchung<sup>3)</sup>.** Wir haben zunächst die Gesetzmässigkeiten in der Entwicklung der Formen aufzusuchen und zu zeigen, wie man durch deren Anwendung die primären Richtungen und Intensitäten erkennt. Um dies zu können, wurden die Formen der bestentwickelten (flächenreichsten) und dann die aller Mineralien zusammengefasst und nach Möglichkeit kritisch ausgelesen (Index der Krystallformen). Es wurde eine Art der Darstellung derselben in Zahlen (Symbolen) und Bild (Projection) eingeführt und angewendet, die es ermöglicht, aus Bild und Zahlen gemeinsame Schlüsse zu ziehen, indem das Bild der unmittelbare graphische Ausdruck der Zahlen ist<sup>4)</sup>. Eine Anzahl Projectionsbilder

1) Vergl. Chemisch-mineralogische Betrachtungen, diese Zeitschr. 1889, **17**, 25.

2) Vergl. Index 1886, **1**, 6. Das Wort Molekül ist durch Partikel ersetzt, vgl. diese Zeitschr. 1889, **17**, 25. Brezina, Min. Mitth. 1875, **5**, 13.

3) Vergl. Index **1**, 4; **3**, Vorwort.

4) Index **1**, 4 ff.



der formenreichsten Arten wurde hergestellt, einige derselben publicirt, um an ihnen die Gesetzmässigkeiten zu erkennen und zu zeigen<sup>1)</sup>. Eine neue Art der Demonstration<sup>2)</sup> durch die Flächennormalen vermittelte die Anschauung der räumlichen Gebilde mit den Projectionen. Untersuchungen über Projection überhaupt<sup>3)</sup>, sowie auf eine andere als die normale Ebene, über Transformation und Umrechnung der Elemente ermöglichten die Discussion einer Krystallart in Zahlen und Bild bei wechselnder Aufstellung. Sie beseitigten zum Zweck des Vergleichs die dabei störenden Grenzen der Krystallsysteme mit ihrer Gebundenheit durch specifische Aufstellung und Symbolisirung.

Die vicinalen und influenzirten Formen<sup>4)</sup> wurden von der Formensammlung des Index und damit vorläufig von der Discussion ausgeschlossen, da die hierüber veröffentlichten Nachrichten noch nicht zu einer einheitlichen Discussion reif erschienen. In der Krystallmessung durch Ortsbestimmung mittelst des zweikreisigen Goniometers<sup>5)</sup> wurde ein Mittel gefunden, die einzelnen Lichtpunkte zerstreuter Reflexe facettirter Flächen, die Lichtzüge und Lichtflecke ebener und krummer Flächen leicht und rasch zu messen, mit Ortssymbolen zu versehen und ins Bild zu bringen. Das hier zu gewinnende Material verspricht eine reiche Ausbeute an Schlüssen auf Verhältnisse der Entstehung, der Differenzirung und Beeinflussung. Die Discussion krummer Flächen wurde in Angriff genommen und an einigen Beispielen (Phosgenit) durchgeführt<sup>6)</sup>. Für die räumliche Anschauung dieser complicirten Gebilde, sowie der Beziehungen der Formen im Raum überhaupt leistet die perspectivische Projection<sup>7)</sup> gute Dienste.

Ein weiterer Quell der Erkenntniss aus den Formen sind die regelmässigen Verwachsungen gleichartiger, sowie ungleichartiger Krystalle. Von diesen sind bisher nur die einfachsten Arten, die Zwillinge und einige Viellinge eingehender studirt. Eine neue Art der Darstellung der Verwachsung soll eine übersichtlichere Behandlung dieser Gebilde ermöglichen<sup>8)</sup>.

**Orientirung.** Wir haben uns zunächst in dem vorliegenden Material und den Erscheinungen zurecht zu finden. Dabei wollen wir einige Be-

---

4) Kryst. Proj.-Bilder. Berlin 1887. Wir werden uns bei der Discussion auf diese beziehen.

2) Ueber Kryst.-Demonstration. Berlin 1887.

3) Ueber Projection u. graph. Kryst.-Berechn. Berlin 1887. Diese Zeitschr. 1889, 17, 494; 1891, 19, 35.

4) Index 1, 446, 447.

5) Diese Zeitschr. 1893, 21, 210.

6) Diese Zeitschr. 1896, 26, 4.

7) Diese Zeitschr. 1893, 22, 20.

8) Ueber Krystallgruppen (noch nicht publicirt).

griffe einführen, die ihren festeren Halt erst durch die folgenden Untersuchungen gewinnen werden. Wir beziehen uns dabei auf die Tabellen des Index und die vom Verf. publicirten Projectionsbilder.

**Zonenlinie.** Die Flächenpunkte <sup>1)</sup> ordnen sich in gnomonischer Projection zu Reihen, geraden Linien, die wir Zonenlinien nennen. Jede Zonenlinie entspricht einem System von Flächen, die sich mit parallelen Kanten schneiden. Wir sehen Zonenlinien mit vielen, andere mit wenigen Punkten besetzt. Wir wollen sie stark entwickelte (reiche), resp. schwach entwickelte (arme) Zonen nennen.

**Vertheilung der Punkte in den Zonen. Knoten.** Betrachten wir die Projectionsbilder, so sehen wir, dass die Punkte in einer Zonenlinie nicht gleichmässig vertheilt sind, dass sie sich in manchen Theilen der Linie zusammendrängen, in anderen spärlich sind, und wir bemerken bald, dass der Charakter der Punktvertheilung von gewissen Punkten zu gewissen anderen sich ändert. So ist z. B. beim Calcit <sup>2)</sup> in der Polkantenzone des Spaltungsrhomboëders, d. i. in der Linie 4 : 4 die Vertheilung zwischen 4 und 4 (innerhalb) eine andere als zwischen 4 und  $\infty 0$  (ausserhalb).

Solche ausgezeichnete Punkte bestimmen den Charakter der Linien, und wir werden sehen, dass zwischen je zwei solchen die Punktvertheilung einem ganz bestimmten Gesetz folgt. Solche markante Punkte wollen wir als **Knoten** bezeichnen. Wir werden erkennen, dass von ihnen die Formenentwicklung ausgeht, d. h. dass Entwicklung jedes Mal zwischen zwei Knoten stattfindet. Wir wollen sagen:

Zwischen zwei Knoten spannt sich eine Zone (ein Zonenstück).

An m. Das Gleichniss des Spannens ist von der Saite entnommen (von dem Faden, der Brücke, die zwei Endpunkte verknüpft). Wir werden sehen, dass zwischen Zone und gespannter, schwingender Saite manche merkwürdige Analogie besteht.

**Zonenstück** heisse eine Zone, die nicht den ganzen Krystall umfasst ( $360^\circ$ ), sondern einen kleineren Winkelraum. Der Abstand der Endknoten beträgt selten über  $90^\circ$ , meist weniger.

**Freie Zone.** Spannt sich zwischen zwei Knoten eine Zone (wir wollen der Kürze wegen das Wort Zone im Sinn von Zonenstück verwenden), und ist die Vertheilung der Punkte durch Einflüsse, wie wir sie noch kennen lernen werden, nicht gestört, so wollen wir eine solche als freie Zone bezeichnen.

Der Fall der freien Zone ist der einfachste und wichtigste. Wir werden

1) Wir sprechen im Folgenden von Punkten oder Flächenpunkten im Sinne von Flächen und sie vertretenden Projectionspunkten. Dies ermöglicht einen kurzen Ausdruck im Anschluss an die Anschauung des gnomonischen Projectionsbildes sowie an die Symbole (Coordinationen der Punkte).

2) Proj.-Bilder Taf. 3, 4, 7.

ihn zunächst zu studiren haben. Wir haben zu untersuchen, wie sich die Punkte in dem freien Stück vertheilen, dann, warum sie das thun.

**Zonenbündel.** Von einem Knoten spannen sich oft Zonen nach mehreren Richtungen zugleich, z. B. von jedem der drei Punkte 4 des Calcit nach den beiden andern, aber zugleich nach — 2 u. A. Strahlen mehrere Zonen von demselben Knoten aus, so nennen wir die Gruppe ein Zonenbündel.

**Zahlengesetze.** Die Vertheilung der Punkte in der Zone drückt sich in Längen aus, für die, nach Wahl der Einheiten, Zahlen eintreten. Bei normaler Projection und den Elementen  $p_0 q_0$  als Masseinheiten sind die Zahlen ganz oder rational; es sind unmittelbar die Zahlen der Projectionssymbole. In ihnen zeigen sich Gesetzmässigkeiten, Zahlengesetze. Wird ein Zonenstück von zwei Knoten gespannt, so erscheinen die Zahlengesetze am klarsten, in der einfachsten Form, wenn wir Anfang und Ende der Zählung in diese beiden Knoten verlegen. Dieser Verlegung entspricht eine einfache Umformung der Symbolzahlen, die wir weiter unten kennen lernen werden. Die Knoten bedingen eine bestimmte Vertheilung. Umgekehrt kann man aus der Vertheilung der Zahlen der Punkte einer Zonenlinie auf die Knoten schliessen.

Den Zahlengesetzen entspricht eine bestimmte charakteristische Vertheilung im Projectionsbilde. So können wir Zahlen und Bild in der Discussion gemeinsam verwerthen.

**Höfe.** In der Umgebung wichtiger Knoten zeigt sich das Feld frei von Punkten. Die Erscheinung ist so auffallend, dass man an ihr im Bilde leicht die wichtigen Knoten von anderen Punkten unterscheidet. Der Calcit z. B. zeigt wichtige Höfe um  $+1$ ,  $-2$ ,  $-\frac{1}{2}$  <sup>1)</sup>. Zur Erklärung dieser Erscheinung werden wir zwei verschiedene Ursachen finden, die möglicher Weise zusammenwirken. Oft wird der Raum dieser Höfe von Vicinalflächen eingenommen. Deren Entstehung ist jedoch von anderer Art als die der typischen Flächen.

**Zonenhöfe.** Bei wichtigeren, mit Punkten reich besetzten Zonenstücken beobachtet man zu beiden Seiten ein Gebiet von Punkten frei, analog dem Hof der Knoten. Wir wollen das einen Zonenhof nennen.

**Rangordnung der Knoten. Primäre, abgeleitete Knoten.** Die Endknoten eines stark entwickelten Zonenstücks betrachten wir als wichtiger, wie die eines schwach entwickelten Stückes. Einen Knoten, von dem mehrere wichtige Zonen ausstrahlen, als stärker wie einen, bei dem das nicht der Fall ist. Auch lässt oft die Vertheilung der Punkte in der Zone den Schluss zu, dass einer der beiden Endknoten stärkeren Einfluss hat als der andere. Wir können danach wichtige und untergeordnete Knoten unter-

4) Vergl. Projectionsbilder Taf. 3, 4, 7.

scheiden. Es wird unsere Aufgabe sein, ihnen unter sich einen Rang zuzumessen, für ihre relative (später auch für ihre absolute) Intensität ein festes Mass zu finden.

Es zeigt sich, dass jeder Flächenpunkt das Product einer bestimmten Entwicklung ist, dass jeder die Rolle eines Knotens spielen kann, und dass die Wirkungsfähigkeit abnimmt in dem Maasse, als ein Punkt durch häufigere Wiederholung desselben Ableitungsprocesses von gewissen Punkten, von denen die Entwicklung ausgeht (genetisch, nicht räumlich), weiter entfernt ist. Die Ausgangspunkte der Entwicklung wollen wir Primärknoten nennen.

Wir haben somit zu untersuchen, welche Knoten ursprünglich (primär), und welche abgeleitet sind. Dafür sind Kriterien zu suchen. Die stärksten Knoten dürfen wir wohl jedesmal als ursprünglich ansehen, die schwächeren in der Regel als abgeleitete. Es können aber auch unter Umständen gewisse abgeleitete Knoten stärker sein als gewisse untergeordnete obwohl ursprüngliche.

**Gleiche Knoten. Symmetrie.** Als genau gleiche Knoten sind solche von gleicher Wirkung und von gleicher Umgebung anzusehen. Ihre Vertheilung bestimmt die Symmetrieverhältnisse des Krystalls.

**Gesamtbild. Formensystem. Primärkräfte.** Durch die Vertheilung der Knoten und der aus ihnen abgeleiteten Reihen lässt sich das Gesamtbild der Formen einer Art charakterisiren. Die Primärknoten, nach Lage und Wirkungsintensität gegeben, liefern, nach den für alle Krystalle giltigen Gesetzen wirkend, die Gesamtheit der Formen, das Formensystem eines Krystalls. Da sie durch Ableitung nicht erhalten werden, so dürfen wir sie als der krystallbauenden Partikel eigenthümlich ansehen. Wir betrachten sie als deren nach aussen wirkende Primärkräfte. Dies ist der Weg, auf dem wir aus der Gesamtheit der Formen einer Krystallart die Primärkräfte der Partikel nach Richtung und Intensität gewinnen.

**Molekularer Aufbau der Partikel.** Die so nach Intensität und Richtung gefundenen Primärkräfte der Partikel liefern ein Mittel, um auf den inneren Aufbau der Partikel zu schliessen. Zur Ermöglichung eines solchen Schlusses möge die Hypothese versucht werden:

Jede Primärkraft geht vom Schwerpunkt der Partikel durch den Schwerpunkt eines der Baustücke derselben (Molekül oder Atom).

Diese Hypothese steht noch nicht auf festen Füßen. Sie liegt nahe und ist einfach. Daher möge versucht werden, die Schlüsse aus ihr für die Stereochemie auszubeuten. Versagt sie, so wird sie einer anderen, besseren Platz machen. Jedenfalls bietet sie eine Handhabe, um die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Krystallform und Zusammensetzung der Partikel in Angriff zu nehmen.

**Berechtigung der Schlüsse aus der Gesamtheit der Formen einer Krystallart.** Es muss zunächst gezeigt werden, dass wir das Recht haben,



alle an einer Krystallart beobachteten Formen in ein Gesamtbild zu vereinigen und aus diesem Schlüsse zu ziehen; nicht vielmehr nur aus jeder auftretenden Combination für sich. Wir können das insofern, als wir jeden Krystall derselben Art, z. B. jeden Calcitkrystall, mit seinen Flächen als das Product der Wirkung der gleichen Partikelkräfte ansehen. Es hängt von äusseren Umständen bei der Bildung ab, ob die oder eine andere Fläche sich bildet. Der Inbegriff aller beobachteten Flächen zeigt, was die Partikelkräfte, soweit unsere Erfahrung reicht, an Flächen überhaupt hervorzubringen im Stande sind. Aus dem aber, was die Partikelkräfte überhaupt, d. h. in allen Fällen, unter Ausscheidung der Zufälligkeiten des Einzelfalles, zu leisten vermögen, können wir am besten auf deren Art zu wirken schliessen.

**Bildungskraft und Wahrscheinlichkeit. Vicinale Formen.** Alle beobachteten Formen sind nicht zugleich alle möglichen. Möglich sind bei einem Krystall alle Flächenlagen, doch sind nicht alle gleich wahrscheinlich. Von dem Grade der Wahrscheinlichkeit, für den wir eine Zahl denken können, hängt es ab, wie oft die betreffende Form unter allen Bildungsfällen in die Erscheinung tritt, daraus, ob und wie oft sie beobachtet wird. Wir sehen nun, dass die Entwicklung der Formen von gewissen Primärformen ihren Ausgang nimmt, so dass diese die grösste Bildungskraft und daraus die grösste Wahrscheinlichkeit haben. Aus ihnen leiten sich andere her mit geringerer Bildungskraft und daher geringerer Wahrscheinlichkeit und so fort, bis für eine Form die Wahrscheinlichkeit so gering ist, dass wir sie nicht mehr beobachten. Zugleich ist dann die Bildungskraft so gering, dass sie von schwachen äusseren Einflüssen abgelenkt wird. Formen dieses Grenzgebietes rechnen wir zu den vicinalen.

**Wechsel der Combination. Auslösende Kräfte.** Damit die verschiedenen abgeleiteten Formen neben den primären zu Stande kommen, müssen wir wechselnde äussere Einflüsse annehmen; sonst entstände stets dieselbe Form. Diese Einflüsse dürfen wir, im Verhältniss zu den Partikelkräften, als schwache ansehen. Wir wollen sie auslösende nennen. Ein Beispiel für eine auslösende Kraft wäre ein Stäubchen, das auf die eine Schale einer feinen Wage fällt, die im Gleichgewicht ist. Es macht die ganze Seite absinken. Ein unserem Fall näheres Beispiel ist bei einer gespannten und mit dem Bogen gestrichenen Saite die Nähe des Fingers bei einem der einfachen Theilungspunkte. Sie bewirkt das Schwingen der Saite in 2, 3, ... Theilen. Es bilden sich die Flageolettöne durch minimale (auslösende) Einwirkung auf die Theilpunkte.

Ueber die Natur der auslösenden Kräfte bei der Krystallbildung wissen wir nur, dass es äussere Kräfte, d. h. von denen der Krystallpartikel unabhängig sind. Dass es kleine Kräfte sind, dafür spricht der Umstand,

dass minimale Veränderungen in der Zusammensetzung der Mutterlauge die entstehende Combination ändern können. Sie regen die Differenzirung der Formen in gewissem von der Natur und Vertheilung der primären Partikelkräfte vorgeschriebenem Sinn an. Wir können sagen: Die auslösenden Kräfte bewirken und befördern die freie Entwicklung (Differenzirung) der Formen.

**Influenzierte Formen. Auslösung und Ablenkung.** Kommen wir an die Grenze der durch hohe Differenzirung schwachen Formen, so können schwache äussere Kräfte, wie sie sonst nur auszulösen vermögen, wesentlich ablenkend wirken. Solche influenzierte Vicinalformen haben wir von der Discussion ausgeschieden. Sie wurden in die Verzeichnisse des Index nicht aufgenommen.

Gröber ist der folgende Einfluss. Beim Verwachsen des sich bildenden Krystals mit einem anderen festen Körper lenken in der Nähe der Verwachsungsstelle die Partikelkräfte des zweiten Körpers die des ersten aus ihrer Richtung ab und bewirken Formen von unregelmässiger d. h. nicht von den Primärkräften des ersten vorgezeichneter Lage. Auch solche influenzierte Formen wurden von der Discussion ausgeschlossen, ihre Symbole in den Index nicht aufgenommen.

Es ist möglich, dass wir die auslösenden Einflüsse in dem umgebenden flüssigen Medium zu suchen haben, die ablenkenden in mitverwachsenen festen Theilen. Die Ursache der Ablenkung durch feste Körper dürfte in der Unveränderlichkeit der Kraftrichtung bei diesen zu suchen sein. Sie fehlt bei den Flüssigkeiten. Dies dürfte der Grund sein, warum Flüssigkeiten, wenn nicht in Strömung, nur anregend (auslösend), nicht ablenkend wirken.

**Grundzüge der Entwicklung. Störungen.** Die Ausscheidung der höher differenzierten Formen, der freien Vicinalformen, bewirkt, dass wir von den Gesetzmässigkeiten der Entwicklung nur das Gröbste, dies dagegen möglichst ungetrübt vor uns haben. Sind daraus die Grundzüge gefunden, so sind dann die Feinheiten in die Discussion zu ziehen. Kennen wir erst die normale Entwicklung, so interessieren uns die Abweichungen (Störungen). Sie lassen Schlüsse zu auf die Natur und Ursache der Beeinflussung<sup>1)</sup>. So sind, nachdem der normale Lauf der Planeten erkannt war, die Unregelmässigkeiten der Bahn von besonderem Interesse als Mittel zur Erkennung der gegenseitigen Beeinflussung der Planeten.

**Gemeinsame Schlüsse aus verschiedenen Krystallarten.** Es zeigen sich Gesetze, denen die Entwicklung der Formen bei jeder Krystallart folgt. Zur Auffindung dieser gemeinsamen Entwicklungsgesetze haben

---

1) Ueber krumme Flächen. Diese Zeitschr. 1896, 26, 1.

wir die Erfahrungen von verschiedenen Krystallarten zusammenzunehmen. Die Untersuchung ist da anzufassen, wo reiche Ausbildung und zuverlässige Beobachtung sich bieten. Die Resultate sind an den übrigen Arten zu prüfen.

### **Vertheilung der Punkte in der Zone. Zahlengesetz. Freie Zone.**

Wir haben gesehen, dass wir berechtigt sind, aus der unter gewissen Beschränkungen gewonnenen Gesamtheit der Formen einer und somit jeder Krystallart Schlüsse zu ziehen auf die Entwicklung der Formen, sowie auf die Natur der Primärkräfte. Die Vereinigung der Formen in diesem Sinne ist in den Tabellen des Index geschehen, wir dürfen also diese unmittelbar der Discussion unterlegen.

**Einfache Form der Zahlenreihe.** Die Zahlen der Projectionssymbole geben direct die Vertheilung der Punkte in der Ebene, wenn in Zonen zusammengefasst, in der Zone an. Die Zahlen in einem Zonenstücke sind mit denen in einem anderen nicht unmittelbar vergleichbar. Sie werden es, wenn wir für die zu vergleichenden Stücke die Anfangs- und die Endknoten gleich bezeichnen. Dies können wir aus den Symbolzahlen durch eine einfache Transformation. (Siehe unten.) Wir wollen zum Zwecke des Vergleiches so umformen, dass für den einen Endknoten  $p$  (oder  $q$ ) des Symbols  $= 0$ , für den anderen  $= \infty$  wird. (Die Zahlen werden die gleichen, ob wir die  $p$  oder die  $q$  reduciren.) Wir wollen diese Form der Zahlenreihe die einfache nennen. Bei ihr tritt die Gesetzmässigkeit der Vertheilung in den Zahlen am klarsten hervor.

**Freie Zone. Normalreihen.** Wir bezeichneten als freie Zone eine solche, in der die Vertheilung der Punkte nur durch die Endknoten bewirkt wird. Die Vertheilung in der freien Zone möge die normale heissen. Wir wollen sie zunächst und zwar in der einfachen Form kennen lernen.

Grössere, ganz normale und dabei reich entwickelte Zonenstücke sind selten. Meist treten Beeinflussungen einzelner Punkte ein, besonders Verstärkung durch Einschneiden anderer Zonen, wodurch die Reihe abnormal wird. Wollen wir uns ein Bild der normalen Reihe machen, bevor wir noch die Störungen discutiren können, so haben wir viele, möglichst wenig gestörte Stücke zusammenzustellen, damit das Gemeinsame und das Häufigste hervortrete, das Zufällige, Seltene oder durch falsche Angaben Hereingebrachte zurücktrete.

Zum Vergleich wählen wir aus den Tabellen des Index eine Anzahl solcher möglichst wenig gestörter Reihen aus, die bereits die einfache Form haben, d. h. die Endknoten 0 und  $\infty$ . Es wurde zunächst jedes Krystallsystem für sich untersucht. Da das Resultat für jedes das gleiche war, so nehmen wir hier die Beispiele aus allen Systemen: **Die Normalreihen sind für alle Systeme gleich.**





Wir finden in der Tabelle:

0	$\infty$	4	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{3}$	3	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{4}$	4	$\frac{2}{5}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{5}$	5	$\frac{4}{5}$	5		
24	24	24	20	20	43	45	42	44	8	6	4	6	7	2	6	2	4	3	3	5	mal
$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{9}{11}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{19}{20}$	$\frac{20}{19}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{15}{4}$	7	$\frac{15}{2}$	8	42	$\frac{39}{2}$
4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4 mal

Anm. Von den vielen bekannten Reihen konnten hier des Raumes wegen nur wenige Beispiele gegeben werden.

Die Auswahl ist nicht frei von Willkür. Sie bringt das zum Ausdruck, was eine lange Beschäftigung mit diesen Reihen als charakteristisch erkennen liess. Uebrigens würde bei etwas anderer Wahl derselbe Charakter hervortreten.

**Häufigkeit der Zahlen. Rang. Gruppen.** Wir sehen die Reciproken gleichwerthig. Natürlich. Wir können ja beliebig den einen Endknoten 0, den anderen  $\infty$  nennen.  $0 \infty 4$  finden sich überall,  $\frac{1}{2} 2$  fast überall in diesen hoch differenzirten Reihen. Bei schwächer entwickelten zeigen sich  $\frac{1}{2} 2$  wesentlich seltener als 4, 4 seltener als 0 und  $\infty$ . Wir können der Häufigkeit nach eine Rangordnung der Zahlen aufstellen und bemerken folgende Gruppen:

0 $\infty$	24 mal
4	24 -
$\frac{1}{2} 2$	20 -
$\frac{1}{3} 3$ $\frac{2}{3} \frac{3}{2}$	ca. 43 -
$\frac{1}{4} 4$ $\frac{2}{5} \frac{5}{2}$ $\frac{3}{5} (\frac{5}{3})$ $\frac{3}{4} (\frac{4}{3})$	ca. 6 -
$\frac{1}{5} 5$ $\frac{4}{5} \frac{5}{4}$	ca. 4 -
.	.

Unter den seltenen Zahlen sind manche durch Störungen hereingekommen; manche gehören vicinalen Flächen an.  $\frac{5}{3} \frac{4}{3}$  sind selten dabei. Das liegt an Zufälligkeiten in der Wahl der Beispiele. Ihre Häufigkeit ist gleich der ihrer Reciproken.

**Normalreihen.** Schneiden wir hinter den einzelnen Gruppen ab, so erhalten wir als normal folgende Reihen:

Normalreihe 0: 0  $\infty$

- I: 0 4  $\infty$

- II: 0  $\frac{1}{2}$  4 2  $\infty$

- III: 0  $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{2}$   $\frac{2}{3}$  4  $\frac{3}{2}$  2 3  $\infty$

- IV: 0  $\frac{1}{4}$   $\frac{1}{3}$   $\frac{2}{5}$   $\frac{1}{2}$   $\frac{3}{5}$   $\frac{2}{3}$   $\frac{3}{4}$  4  $\frac{4}{3}$   $\frac{3}{2}$   $\frac{5}{3}$  2  $\frac{5}{2}$  3 4  $\infty$

0 können wir noch nicht als eine Reihe bezeichnen. Es sind nur 2 Flächen ohne Differenzirung.

Wir wollen obige Numerirung festhalten. Sie stimmt mit dem Eintreten der charakteristischen Zahlen 4,  $\frac{1}{2} 2$ ,  $\frac{1}{3} 3$ ,  $\frac{1}{4} 4$ , . . . . Die Reihe I ist weitaus die häufigste. Mit dem Grad der Complication nimmt die Häufig-

keit einer Reihe ab, und vermehren sich die Störungen, so dass eine ganz ungestörte Reihe IV schon nicht mehr gefunden wird. Fast rein begegnen wir ihr beim Calcit  $[-2:-2]$ ; nämlich (reducirt):

$$0 \frac{1}{4} \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \frac{3}{4} 1 \left(\frac{5}{4}\right) \frac{3}{2} \cdot 2 \frac{5}{2} 3 4 \infty.$$

Die Reihen sind symmetrisch insofern, als die rechte Seite von 4 die Reciproken der linken enthält. Wir werden Abweichungen von der Symmetrie da finden, wo die beiden Endknoten ungleich stark sind. Jede folgende Reihe schliesst die vorhergehende in sich, nur schiebt sich zwischen je zwei Zahlen eine neue ein.

**Ableitungsformel. Höhere Reihen.** Jede folgende der so empirisch gefundenen Reihen leitet sich aus der vorhergehenden ab, indem wir aus jeder Zahl  $p$  der Reihe bilden

$$p + 1 \quad \text{oder} \quad \frac{p}{p + 1}.$$

So erhalten wir die eine Hälfte der Reihe, die andere Hälfte enthält die Reciproken. Umgekehrt erhalten wir die niedere Reihe aus der höheren, indem wir diese bei 1 spalten und bilden:

$$\text{aus den } p \geq 1: p - 1 \quad \text{oder aus den } p \leq 1: \frac{p}{1 - p}.$$

Bestätigt sich dies Gesetz, so können wir aus der Reihe IV eine Normalreihe V bilden, die lautet:

$$0 \frac{1}{5} \frac{1}{4} \frac{2}{7} \frac{1}{3} \frac{3}{8} \frac{2}{5} \frac{3}{7} \frac{1}{2} \frac{4}{7} \frac{3}{5} \frac{5}{8} \frac{2}{3} \frac{5}{7} \frac{3}{4} \frac{4}{5} 1 \frac{5}{4} \frac{4}{3} \frac{7}{5} \frac{3}{2} \frac{8}{5} \frac{5}{7} \frac{7}{4} 2 \frac{7}{3} \frac{5}{2} \frac{8}{3} 3 \frac{7}{2} 4 5 \infty$$

Daraus eine Reihe VI u. s. w. Von den in Reihe V zu IV zugetretenen Zahlen beobachten wir im obigen Beispiel:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} \frac{1}{5} & 5 & \frac{2}{7} & \frac{7}{2} & \frac{3}{8} & \frac{8}{3} & \frac{3}{7} & \frac{7}{4} & \frac{4}{7} & \frac{5}{8} & \frac{8}{5} & \frac{5}{7} & \frac{7}{3} & \frac{4}{5} & \frac{5}{4} \\ 4 & 3 & 4 & 4 & 0 & 4 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 3 & 5 \text{ mal.} \end{array}$$

Es zeigt sich ein Vorzug der Zahlen in der Nähe von  $0 \ 1 \ \infty$ . Diese Erscheinung wiederholt sich. Die Ursache kann mannigfaltig sein. Sie kann in einer häufigen Verstärkung der Punkte  $0 \ 1 \ \infty$  begründet sein, in der Bildung von Vicinalen in deren Nähe, in der grösseren Geneigtheit Symbole wie  $\frac{1}{5} \ 5$ ,  $\frac{4}{3} \ \frac{5}{4}$  anzunehmen, wie etwa  $\frac{7}{3} \ \frac{8}{3}$ , in dem dichten Zusammendrängen in der Mitte zwischen zwei Knoten bei hoher Differenzirung, so dass sich

$$\begin{array}{l} 0 \frac{1}{5} \frac{1}{4} \quad \text{um } 0,2 \quad \text{resp. } 0,05 \\ \text{dagegen: } \frac{4}{7} \frac{3}{5} \frac{5}{8} \quad \text{nur um } 0,028 \quad \text{resp. } 0,025 \end{array}$$

unterscheiden. (Durch die grosse Dichte wird das sichere Abscheiden des Selbständigen erschwert, auch gehen so nahe Formen gern durch Rundung in einander über.) Alle diese Ursachen und noch andere können zusammenkommen.

Es bleiben ausser diesen Zahlen der Normalreihe V in unserer empirischen Reihe (S. 40) noch folgende Zahlen:

$\frac{1}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{5}$	7	$\frac{1}{8}$	8	$\frac{8}{7}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{19}{20}$	$\frac{20}{19}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{15}{4}$	$\frac{15}{2}$	12
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2 mal.

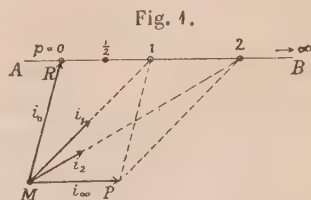
Von diesen sind manche als unsicher anzusehen, manche als vicinal.

Wir gewinnen ein sicheres Urtheil über die Zahlen, wenn wir die einzelnen Reihen kritisch prüfen. Dies geschieht durch Spalten der Reihen, ein Verfahren, das wir weiter unten kennen lernen werden, durch Heranziehen des Projectionsbildes, durch Revision der Beobachtungen. Hier wurden, von allem dem abgesehen, die Zahlenreihen so hingestellt, wie sie sich in den Formenverzeichnissen fanden. Uebrigens ist das Resultat, das wir aus den revidirten Reihen gewinnen, in Bezug auf die Zahlen der Normalreihen kein anderes, als das oben angegebene.

**Entwicklung der Zone durch Einschiebung. Ableitung aus den Kräften, Complication. Differenzirung.** Wir stehen auf dem Boden der Hypothese, es stehe jede mögliche Fläche senkrecht auf einer Partikel-Attractionskraft. Anders gesagt: jede Fläche wird erzeugt und repräsentirt durch eine Kraft in der Richtung ihrer Normalen. Danach wissen wir die Richtung der flächenbildenden Kräfte, aber nicht die Intensitäten. Es wird unsere Aufgabe sein, letztere zu finden. Für die zunächst folgenden Betrachtungen setzen wir die Intensitäten der Primärkräfte als gegeben voraus und suchen die der abgeleiteten Kräfte.

Wir betrachten zunächst eine Zone.

Es sei Fig. 4 ein Schnitt in der Zonenebene,  $M$  der Krystallmittelpunkt,  $AB$  die Trace mit der Projectionsebene.  $MR = i_0$  und  $MP = i_\infty$  seien die die Zone spannenden Primärkräfte nach Richtung und Intensität.  $0 \frac{1}{2} 1 2 \infty$  sind Projectionspunkte (Flächenpunkte);  $0, \infty$  die Endknoten der Zone. Da  $0, \infty$  die Endknoten sind, so haben die Zahlen der Zone die einfache Form. Die Zahlen  $p = 0, \frac{1}{2}, 1 \dots$  bedeuten die Entfernung des Flächenpunktes vom Anfangsknoten  $0$ , gemessen mit der Einheit  $i_\infty$ .



**Normalreihe  $0 = 0 \cdot \infty$ .** Wirken nur die Primärkräfte flächenbildend, so entstehen die Flächen  $0, \infty$ , die Normalreihe  $0$ .

**Normalreihe 1.** Wirken  $i_0$  und  $i_\infty$  zusammen, so bilden sie die Resultante  $i_1$  und durch sie die Fläche 1. Es müssen jedoch zur Bildung von 1 nicht die ganzen Kräfte  $i_0$  und  $i_\infty$  verwendet werden, sondern nur gleiche Antheile z. B.  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3} \dots$  von jeder. Die Reste können nach anderer Seite in Vereinigung treten oder selbständig flächenbildend wirken. Dies gilt für jeden Fall solcher Theilung und Vereinigung. Wir wollen es nicht jedesmal hervorheben. Wird nur ein Theil von  $i_0$  und  $i_\infty$  zur Bildung von

$i_1$  verwendet, und bleibt ein Rest für 0 und  $\infty$ , so erhalten wir die Combination  $0 \neq \infty$  d. h. die Normalreihe 1.

Die Theilung und Vereinigung von Theilen der Primärkräfte zu abgeleiteten Zwischenkräften wollen wir **Complication** nennen. **Differenzirung** bedeute allgemein die Entwicklung vom Einfacheren zum Mannigfaltigeren. Es ist der weitere Begriff.

**Normale Complication.** Die Intensität in der Richtung 1 hängt davon ab, welcher Theil von  $i_0$  und  $i_\infty$  zur Bildung mitwirkte. Nach dem Erfahrungsgesetz von der Rationalität der Krafttheilung<sup>1)</sup> sind die für 1, für  $\frac{1}{2}$ , 2 . . . mitwirkenden Antheile rationale Theile von  $i_0$  und  $i_\infty$ . Daher sind die Resultanten  $i_1 = \alpha_1(M 1)$ ;  $i_2 = \alpha_2(M 2)$ ; . . . (Fig. 1), wobei die  $\alpha, \alpha_2$  . . . rationale echte Brüche sind, z. B.  $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \dots$

Wir wollen nur für Theilung und Vereinigung (Complication) den einfachsten Fall annehmen:

Die Theilung geschehe jedesmal in zwei gleiche Theile, die Vereinigung aus je einem Theile von jeder Seite.

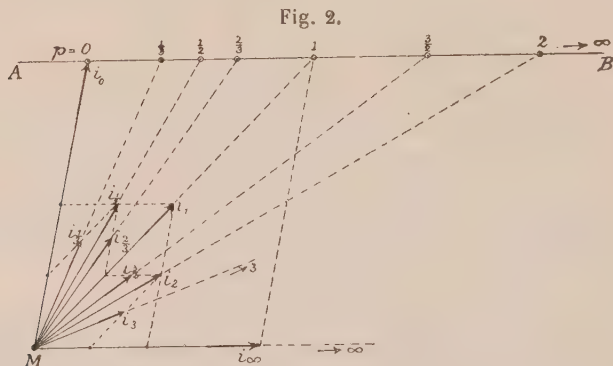
Diese Art möge normale Complication heißen. Es gelte ferner die Annahme:

Jeder Punkt kann mit jedem Nachbarpunkte zur Complication zusammenwirken.

Anders ausgesprochen: Jeder abgeleitete Punkt wirkt wieder selbständig als Knoten.

Wir wollen die Resultate ableiten, als ob nur dieser Fall, der normale, möglich wäre, und zusehen, ob die beiden einfachen Annahmen zur Deutung der Erscheinungen ausreichen.

**Ableitung der Normalreihen I, II, III . . . (Fig. 2).**



Es seien die primären Kräfte der Zone  $i_0 i_\infty$  ungleich und unter beliebigem Winkel gegen einander geneigt. Wirkt jede für sich, so entsteht wie wir sahen

<sup>1)</sup> Vergl. Index 1, 14.



$$0 \infty = \text{Normalreihe } 0 = N_0.$$

Nun gehe die normale Complication vor sich. Dann bildet sich:

$$i_1 = \frac{1}{2} i_0 + \frac{1}{2} i_\infty$$

räumlich addirt nach dem Parallelogramm der Kräfte.

Anm. 1. Die nicht gebrauchten Antheile (Hälften) von  $i_0 i_\infty$  können als freie Reste oder zu anderer Vereinigung verwendet sein. Bleibt der Rest in der alten Richtung flächenbildend, so erhalten wir die normale Reihe vollflächig, im anderen Falle einzelne Flächen der Reihe, bei anderer Gelegenheit andere. Dann stellt erst die Zusammenfassung mehrerer Einzelfälle die vollflächige Reihe her. Das entspricht dem Zusammentragen zu unseren Tabellen.

Anmerkung 2. **Wechsel der Entwicklung. Wechsel des Habitus.** Es kann gedacht werden, dass bei der Vereinigung 0 aufhört, Knoten zu sein, und 1 an seiner Stelle Knoten wird. Die Entwicklung kann bei derselben Krystallart einmal von den Pinakoiden ausgehen, ein andermal von Domen, manchmal sogar von Pyramiden.

Der Wechsel des Habitus, d. h. der Wechsel in Anfang und Verlauf der Entwicklung kann auch einen anderen Grund haben, nämlich das Vorhandensein von Primärknoten von verschiedenem Gewicht, die wechselnd zur Geltung kommen.

Der Projectionspunkt von  $i_1$  ist 1, die Symbolzahl = 1, da die Länge  $0 \ 1 = i_\infty$  ist. Wir haben jetzt die Combination:

$$0 \ 1 \infty = \text{Normalreihe } 1 = N_1.$$

Punkt 1 ist nach unserer Annahme ein selbständiger Knoten geworden, schwächer als die ursprünglichen 0 und  $\infty$  im Verhältniss  $i_1 : i_0$  resp.  $i_1 : i_\infty$ .

Nun wiederhole sich derselbe Process der (normalen) Complication zwischen dem Rest von  $i_0$ , das ist  $\frac{1}{2} i_0$ , und  $i_1$ . Die Hälften beider geben eine Resultante  $i_2$  und lassen die Reste  $\frac{1}{4} i_0$  und  $\frac{1}{2} i_1$ . Projectionspunkt  $\frac{1}{2}$ . Das Gleiche kann zwischen  $i_1$  und dem Rest von  $i_\infty$  stattfinden. Die Resultante  $\frac{1}{2} i_1 + \frac{1}{4} i_\infty$  ist  $i_2$  mit dem Projectionspunkt 2. Aus der zweimal wiederholten (iterirten) Complication erhalten wir:

$$0 \ \frac{1}{2} \ 1 \ 2 \infty = \text{Normalreihe } 2 = N_2.$$

Liegen die Verhältnisse zwischen  $i_0$  und  $i_1$  nach Intensität und Richtung ebenso, wie zwischen  $i_1$  und  $i_\infty$ , so erfolgt die Bildung von  $i_1$  und  $i_{\frac{1}{2}}$  zugleich. Die Reihe ist symmetrisch. Wir nennen dies das Gesetz der Holoëdrie. Es spricht den Erfahrungssatz aus, dass unter denselben Bedingungen die gleichen Wirkungen zugleich auftreten<sup>1)</sup>.

Durch eine dritte Complication bildet sich eine Resultante aus der Hälfte von  $i_{\frac{1}{2}}$  und dem halben Rest von  $i_0$ . Also

$$\frac{1}{8} i_0 + \frac{1}{2} i_{\frac{1}{2}} = i_{\frac{3}{4}} \text{ mit dem Projectionspunkt } \frac{1}{4}$$

1) Vergl. Index I, 40.

ebenso zwischen  $i_{\frac{1}{2}}$  und  $i_1$   $\frac{1}{2} i_{\frac{1}{2}} + \frac{1}{4} i_1 = i_{\frac{3}{2}}$  mit dem Projectionspunkt  $\frac{3}{2}$   
 - -  $i_1$  und  $i_2$   $\frac{1}{4} i_1 + \frac{1}{2} i_2 = i_{\frac{3}{2}}$  - -  $\frac{3}{2}$   
 - -  $i_2$  und  $i_\infty$   $\frac{1}{2} i_2 + \frac{1}{8} i_\infty = i_3$  - - - 3

Durch dreimalige Complication treten also zur Reihe 2 die Zahlen  $\frac{1}{3} \frac{2}{3} \frac{3}{2} 3$  und wir haben:

$$0 \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{2}{3} 4 \frac{3}{2} 2 3 \infty = \text{Normalreihe 3} = \mathbf{N}_3.$$

Anm. Theilung der Kraft in drei Theile, von den 4 nach der einen Seite, 2 nach der anderen Verwendung finden, würde durch nichtnormale Complication direct zu den Zahlen  $N_2$  führen. Wir wollen diese Möglichkeit für die vorliegende Betrachtung ausschliessen; vielmehr die Entstehung von  $N_2$  stets als Folge einer zweifachen normalen Complication auffassen; mag auch diese in einem Act geschehen. Für spätere Untersuchungen kann wohl von Theilung in 2 : 1 die Rede sein.

Durch eine vierte Complication schiebt sich zwischen die Zahlen der Reihe  $N_3$  je eine neue ein. Wir erhalten durch denselben Act der Halbierung und Vereinigung:

$$0 \frac{1}{4} \frac{1}{3} \frac{2}{3} \frac{1}{2} \frac{3}{2} \frac{3}{3} \frac{2}{4} 4 \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{5}{2} 2 \frac{5}{2} 3 4 \infty = \text{Normalreihe 4} = \mathbf{N}_4.$$

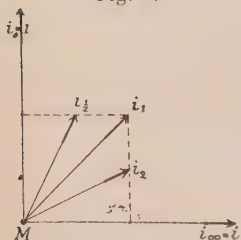
Aus dieser lässt sich durch fünffache, sechsfache . . . Complication die Normalreihe  $N_5$ ,  $N_6$  . . . ableiten.

**Complication als mathematische Operation.** Die Complication ist zu einer mathematischen Operation geworden, ebenso wie Addition, Potenzirung u. a.; die Normalreihe zu einer mathematischen Function. Das Ableitungsgesetz ihrer Zahlen ist in den oben (S. 12) gegebenen Formeln enthalten. So ist, was wir in der Vorbemerkung als zu erstrebend bezeichneten, einer der Vorgänge in eine Form gebracht, die einer mathematischen Behandlung fähig ist.

Anm. Das Gesetz der Complication spielt nicht nur bei Entwicklung der Krystallformen eine Rolle, sondern auch bei anderen Entwicklungen in der Natur, auch der organischen. Dies soll an anderer Stelle zu zeigen versucht werden.

**Intensität und Richtung der abgeleiteten Kräfte. Räumliches Mittel.** Wir wollen zunächst den einfachsten Fall betrachten:

Fig. 3.



**A. Primärkräfte gleich und rechtwinklig.** Es sei die zu einer Zahl  $n$  der Reihe  $0 \dots n \dots \infty$  gehörige Kraft  $= i_n$ ; ihre Richtung definiert durch  $\angle i_n : i_0 = \delta_n$ . Bezeichnen wir ferner nach Art der Rechnung mit **complexen Grössen** die Einheit in der Richtung  $i_0$  mit 1, die in Richtung  $i_\infty$  mit  $i$ , so können wir die Operationen mit complexen Grössen auf unsere Ausrechnung übertragen.  $i_n$  bezeichne die Kraft nach Intensität und Richtung, so ist Mod.  $i_n$  das Maass für die Intensität.

Danach haben wir:

$$\text{Normalreihe } 0 = \mathbf{N}_0.$$

$$\text{Mod. } i_0 = 1$$

$$\text{Mod. } i_\infty = \text{Mod. } i = 1$$

$$\text{tg } \delta_\infty = 0; \quad \delta_0 = 0^\circ$$

$$\text{tg } \delta_0 = \infty; \quad \delta_\infty = 90^\circ.$$

Für die abgeleiteten Kräfte  $i_n$  finden wir die Intensität mod  $i_n$  und Richtung  $\delta_n$  aus der normalen Complication.

Normalreihe 1 =  $N_1$ .

$$\text{mod } i_1 = \frac{1}{2} \text{ mod } (1 + i) = \frac{1}{2} \sqrt{2}; \quad \text{tg } \delta_1 = 1; \quad \delta = 45^\circ.$$

$i_1 = \frac{1}{2}(1 + i)$  ist das arithmetische Mittel aus den Kräften unter Berücksichtigung der Richtung. Wir wollen dies das räumliche Mittel nennen. Der Begriff lässt sich aus der Ebene (Zonenebene) auf den Raum übertragen. Geometrisch ist unsere Complication nichts anderes, als die Bildung des räumlichen Mittels. Vereinigung von Kräften im Raum (Parallelogramm der Kräfte) ist die Bildung der räumlichen Summe; Complication von Kräften ist die Bildung des räumlichen Mittels.

Die wiederholte (iterirte) Complication bringt jede beliebig hohe Reihe hervor, ebenso wie die wiederholte Addition jede beliebig hohe Summe hervorbringt.

Die Nummer der Normalreihe giebt die Höhe der Complication an, d. h. die Zahl der Wiederholungen, die zur Bildung der Reihe führen. Z. B.  $N_3$  erfordert eine dreifach wiederholte Complication.

Wir wollen nun die Intensitäten und Richtungen für die verschiedenen Normalreihen ausrechnen.

Normalreihe 2 =  $N_2$ .

$$\text{mod } i_2 = \text{mod } \frac{1}{2}(i_1 + \frac{1}{2}i_\infty) = \frac{1}{4} \text{ mod } (1 + 2i) = \frac{1}{4} \sqrt{5} \quad \text{tg } \delta_2 = 2$$

$$\text{mod } i_{\frac{1}{2}} = \text{mod } \frac{1}{2}(i_1 + \frac{1}{2}i_0) = \frac{1}{4} \text{ mod } (2 + i) = \frac{1}{4} \sqrt{5} \quad \text{tg } \delta_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2}$$

Normalreihe 3 =  $N_3$ .

$$\text{mod } i_3 = \text{mod } \frac{1}{2}(i_2 + \frac{1}{4}i_\infty) = \frac{1}{8} \text{ mod } (1 + 3i) = \frac{1}{8} \sqrt{10} \quad \text{tg } \delta_3 = 3$$

$$\text{mod } i_{\frac{1}{3}} = \text{mod } \frac{1}{2}(i_{\frac{1}{2}} + \frac{1}{4}i_0) = \frac{1}{8} \text{ mod } (3 + i) = \frac{1}{8} \sqrt{10} \quad \text{tg } \delta_{\frac{1}{3}} = \frac{1}{3}$$

$$\text{mod } i_{\frac{3}{2}} = \text{mod } \frac{1}{2}(i_2 + \frac{1}{2}i_1) = \frac{1}{8} \text{ mod } (2 + 3i) = \frac{1}{8} \sqrt{13} \quad \text{tg } \delta_{\frac{3}{2}} = \frac{3}{2}$$

$$\text{mod } i_{\frac{2}{3}} = \text{mod } \frac{1}{2}(i_{\frac{1}{3}} + \frac{1}{2}i_1) = \frac{1}{8} \text{ mod } (3 + 2i) = \frac{1}{8} \sqrt{13} \quad \text{tg } \delta_{\frac{2}{3}} = \frac{2}{3}$$

Normalreihe 4 =  $N_4$ .

$$\text{mod } i_4 = \text{mod } \frac{1}{2}(i_3 + \frac{1}{8}i_\infty) = \frac{1}{16} \text{ mod } (1 + 4i) = \frac{1}{16} \sqrt{17} \quad \text{tg } \delta_4 = 4$$

$$\text{mod } i_{\frac{1}{4}} = \text{mod } \frac{1}{2}(i_{\frac{1}{3}} + \frac{1}{8}i_0) = \frac{1}{16} \text{ mod } (4 + i) = \frac{1}{16} \sqrt{17} \quad \text{tg } \delta_{\frac{1}{4}} = \frac{1}{4}$$

$$\text{mod } i_{\frac{5}{2}} = \text{mod } \frac{1}{2}(i_3 + \frac{1}{2}i_2) = \frac{1}{16} \text{ mod } (2 + 5i) = \frac{1}{16} \sqrt{29} \quad \text{tg } \delta_{\frac{5}{2}} = \frac{5}{2}$$

$$\text{mod } i_{\frac{2}{5}} = \text{mod } \frac{1}{2}(i_{\frac{1}{3}} + \frac{1}{2}i_{\frac{1}{2}}) = \frac{1}{16} \text{ mod } (5 + 2i) = \frac{1}{16} \sqrt{29} \quad \text{tg } \delta_{\frac{2}{5}} = \frac{2}{5}$$

$$\text{mod } i_{\frac{3}{4}} = \text{mod } \frac{1}{2}(i_{\frac{1}{4}} + \frac{1}{2}i_2) = \frac{1}{16} \text{ mod } (3 + 5i) = \frac{1}{16} \sqrt{34} \quad \text{tg } \delta_{\frac{3}{4}} = \frac{5}{3}$$

.....

Das Bildungsgesetz lässt sich übersehen: Für eine Zahl  $\frac{m}{n}$  aus der Reihe  $N_n$  ist:

$$\text{Die Intensität} = \text{mod } i_{\frac{m}{n}} = \frac{1}{2^n} \text{ mod } (n + mi) = \frac{1}{2^n} \sqrt{m^2 + n^2}.$$

$$\text{Die Richtung ist gegeben durch} \quad \text{tg } \delta = \frac{m}{n}.$$

**B. Primärkräfte verschieden, aber rechtwinklig.** Es sei die Intensität der Primärkräfte in Richtung  $i_0 = n_0$ , in Richtung  $i_\infty = m_0$ , so wird bei der obigen Ableitung für eine Zahl  $\frac{m}{n}$  der Reihe  $N_\nu$ :

$$\text{mod } i \frac{m}{n} = \frac{1}{2^\nu} \text{mod } (n n_0 + m m_0 i) = \frac{1}{2^\nu} \sqrt{(m m_0)^2 + (n n_0)^2}; \quad \text{tg } \delta = \frac{m m_0}{n n_0}.$$

**C. Primärkräfte schiefwinklig und verschieden.** Neigungswinkel  $i_0 : i_\infty = \alpha$  (Fig. 4).

Wir haben für diesen allgemeinen Fall:

Fig. 4.

$$\text{mod } i \frac{m}{n} = \frac{1}{2^\nu} \text{mod } [n n_0 \sin \alpha + (m m_0 + n n_0 \cos \alpha) i]$$

$$= \frac{1}{2^\nu} \sqrt{(m m_0)^2 + (n n_0)^2 + 2 m m_0 n n_0 \cos \alpha} = \frac{1}{2^\nu};$$

$$\text{tg } (90^\circ - \alpha + \delta) = \frac{m m_0 + n n_0 \cos \alpha}{n n_0 \sin \alpha}.$$

**Relative Intensität in Zahlen. Rangordnung.** Berechnen wir nach obigen Formeln die Intensitäten für den Winkel der Primärkräfte  $i_0 : i_\infty = 90^\circ$ , so finden wir, wenn wir die Primärkraft  $n_0 = 4000$  setzen:

Für  $m_0 : n_0 = 1 : 4$   
 $m_0 = 1000; n_0 = 4000$

Zahl	Intensität
0	$\infty$ 4000
1	1 707
$\frac{1}{2}$	2 559
$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{2}$ 440
$\frac{1}{3}$	3 395
$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{3}$ 364
$\frac{2}{5}$	$\frac{5}{2}$ 336
$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{3}$ 312
$\frac{1}{4}$	4 257
$\frac{1}{5}$	5 159
$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{4}$ 200
$\frac{3}{7}$	$\frac{7}{3}$ 238
$\frac{2}{7}$	$\frac{7}{2}$ 227

Für  $m_0 : n_0 = 1 : 4$   
 $m_0 = 250; n_0 = 1000$

Zahl	Intensität	Zahl	Intensität
0	1000	$\infty$	250
1	515	1	515
$\frac{1}{2}$	504	2	279
$\frac{2}{3}$	380	$\frac{3}{2}$	268
$\frac{1}{3}$	376	3	156
$\frac{3}{5}$	346	$\frac{5}{3}$	203
$\frac{2}{5}$	344	$\frac{5}{2}$	147
$\frac{3}{4}$	254	$\frac{4}{3}$	498
$\frac{1}{4}$	251	4	97
$\frac{4}{5}$	159	$\frac{5}{4}$	131
$\frac{1}{5}$	156	5	50
$\frac{3}{7}$	220	$\frac{7}{3}$	117
$\frac{2}{7}$	219	$\frac{7}{2}$	83

Daraus ergibt sich folgende Rangordnung:

Für  $m_0 = n_0$ :  $(0 \infty) 1 (\frac{1}{2} 2) (\frac{2}{3} \frac{3}{2}) (\frac{1}{3} 3) (\frac{3}{5} \frac{5}{3}) (\frac{2}{5} \frac{5}{2}) (\frac{3}{4} \frac{4}{3}) (\frac{1}{4} 4) (\frac{3}{7} \frac{7}{3}) \dots$

Die Normalreihen verlangen:

$(0 \infty) 1 (\frac{1}{2} 2) (\frac{2}{3} \frac{3}{2} \frac{1}{3} 3) (\frac{3}{5} \frac{5}{3} \frac{2}{5} \frac{5}{2} \frac{3}{4} \frac{4}{3} \frac{1}{4} 4) \dots$

Die Beobachtungsreihe (S. 10 und 11) ergab:

$(0 \infty) 1 (\frac{1}{2} 2) 3 \frac{1}{3} \frac{2}{3} \frac{3}{2} \frac{1}{4} \frac{3}{5} (\frac{4}{5} \frac{5}{2} \frac{3}{4}) \frac{5}{4} (\frac{2}{5} \frac{1}{5}) \dots$

Das im Rang Gleiche ist in ( ) zusammengefasst.



Die drei Reihen sind im Wesentlichen und bis zu einer gewissen Grenze, d. h. in der ersten Annäherung übereinstimmend. Bescheiden wir uns bei dem Bestreben nach Auffindung der Gesetze zunächst mit dieser Annäherung, so haben wir Folgendes gefunden:

Die Entwicklung der Formen in der freien Zone erfolgt von den Endknoten aus. Sie ist hervorgebracht durch einmaligen oder mehrmals wiederholten Act der Complication. Einmalige Complication liefert die Reihe  $N_1$ , zweimalige die Reihe  $N_2$  . . . ,  $\nu$ malige die Normalreihe  $N_\nu$ . Wir können diese Reihenbildung an Krystallen mit Sicherheit bis  $N_4$  beobachten. Die höheren Reihen sind, wenn vorhanden, durch Störungen unklar.

**Zur Bestimmung des Ranges einer Zahl haben wir zwei Principien.**

**Erstes Princip.** Die Wahrscheinlichkeit und damit die Häufigkeit einer Zahl ist um so grösser, je näher die Zahl in der Entwicklung dem Anfang steht, d. h. je niedriger die Ordnung  $\nu$  der Reihe  $N_\nu$  ist, in der die Zahl neu eintritt. Wir bekommen danach eine Rangordnung in Gruppen. Alle in einer folgenden Reihe zutretenden Zahlen haben gleichen Rang. Wir haben:

In  $N_0$  0  $\infty$ . Es treten zu und sind danach gleichwerthig:  
in  $N_1$  4  
-  $N_2$   $\frac{1}{2}$  2  
-  $N_3$   $\frac{2}{3}$   $\frac{3}{2}$   $\frac{1}{3}$  3  
-  $N_4$   $\frac{3}{5}$   $\frac{5}{3}$   $\frac{2}{5}$   $\frac{5}{2}$   $\frac{3}{4}$   $\frac{4}{3}$   $\frac{1}{4}$  4  
. . . . .

**Zweites Princip.** Jeder abgeleiteten Zahl resp. der zugehörigen Form kommt eine relative Intensität zu. Die Wahrscheinlichkeit und Häufigkeit einer Form ist um so grösser, je grösser ihre Intensität ist.

Wie obige Ausrechnung der Intensitäten zeigt, erhalten wir auch für gleiche und senkrechte Primärkräfte eine neue Rangordnung der Zahlen, nämlich:

0  $\infty$ , 4,  $\frac{1}{2}$  2,  $\frac{2}{3}$   $\frac{3}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  3,  $\frac{3}{5}$   $\frac{5}{3}$ ,  $\frac{2}{5}$   $\frac{5}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$   $\frac{4}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  4 . . . .

In dieser Reihe sind die Reciproken gleichwerthig; im Uebrigen ist der Rang in den Gruppen verschieden.

Aus dem Vergleich beider Reihen sehen wir, dass bis  $N_4$  zwischen beiden für den Fall gleicher und senkrechter Primärkräfte kein wesentlicher Unterschied ist. Die Beobachtung bestätigt die Folge, nur giebt sie den Zahlen  $\frac{4}{n}$ ,  $n$ ,  $\frac{n-1}{n}$ ,  $\frac{n}{n-1}$  einen Vorzug, der einer besonderen Untersuchung bedarf.

Das Resultat der Vergleichung beider Principien können wir dahin zusammenfassen: Die Rangordnung der Zahlen im freien Zonenstück wird im Wesentlichen bestimmt durch den Grad der Complication, der die Zahl einführt, aber modificirt durch die relative Intensität der Endknoten.

Sind die Primärkräfte ungleich, so treten beide Rangordnungen

in Widerspruch, den wir in obigem Beispiel  $n_0 : m_0 = 4 : 4$  wahrnehmen. Die oben berechneten Intensitätszahlen gehen folgende Rangordnung:

$$0 \ 1 \ \frac{1}{2} \ \frac{2}{3} \ \frac{1}{3} \ \frac{2}{5} \ \frac{2}{5} \ \frac{3}{2} \ \frac{3}{4} \ \frac{1}{4} \ \infty \ \frac{3}{7} \ \frac{2}{7} \ \frac{4}{3} \ 3 \ \frac{1}{5} \dots$$

Wir wollen einmal bei  $\infty$  abschneiden, d. h. annehmen, es seien die Punkte zur Ausbildung gekommen, deren Intensität 250 übertrifft, und wollen die Zahlen nach der Grösse ordnen d. h. so, wie die Punkte im Protectionsbild, die Flächen am Krystall, einander folgen, so haben wir

$$0 \ \frac{1}{4} \ \frac{1}{3} \ \frac{2}{5} \ \frac{1}{2} \ \frac{2}{3} \ \frac{3}{5} \ \frac{3}{4} \ 1 \ \frac{3}{2} \ 2 \ \infty.$$

Wir finden da zwischen 0 und 1 6 Punkte, zwischen 1 und  $\infty$  nur 2, das entspricht der Erfahrung, dass in der freien Zone die Punkte sich gegen den stärkeren Knoten zusammendrängen. Umgekehrt können wir schliessen:

Drängen sich in der freien Zone die Punkte zu dem einen Knoten dichter, so ist dieser der stärkere.

Spalten wir die Reihe<sup>1)</sup> bei 1 und reduciren die beiden ungleichen Hälften durch die weiter unten abgeleitete Formel  $\frac{p}{1-p}$  resp.  $p-1$  auf die Form  $0 \dots \infty$ , so erhalten wir:

$$0 \ \frac{1}{3} \ \frac{1}{2} \ \frac{2}{3} \ 1 \ \frac{3}{2} \ 2 \ 3 \ \infty = N_3 \quad \text{und} \quad 0 \ \frac{1}{2} \ 1 \cdot \infty = N_2.$$

Die erste Hälfte ist zu einer vollständigen Normalreihe  $N_3$  geworden, die zweite zu einer unvollständigen  $N_2$ .

Ferner bemerken wir: Es ist 1 (Intens. = 545) wesentlich stärker als  $\infty$  (Intens. = 250), d. h. 1 wird an Stelle von  $\infty$  zu dem nach 0 stärksten Knoten. Die Entwicklung spielt sich frei zwischen 0 und 1 ab; das erkennen wir an der reinen Normalreihe  $N_3$ .

**Grenzfall. Hexagonales System.** Für  $m_0 : n_0 = 1 : 1$  wird also 1 stärker als  $\infty$ ; 1 wird Primärknoten an Stelle von  $\infty$ . Es fragt sich, bis zu welchem Verhältniss  $m_0 : n_0$  ist das der Fall? Wann ist 1 eben so stark als  $\infty$ ? Das ist der Fall für  $m_0 : n_0 = 1 : \sqrt{3}$ .

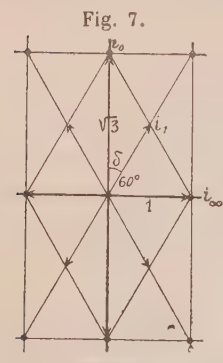
Beweis. Es sei:  $n_0 = x m_0$ , so ist:

$$\begin{aligned} \text{mod } i_1 &= \frac{1}{2} \sqrt{m_0^2 + n_0^2} = \frac{1}{2} m_0 \sqrt{1 + x^2} \\ \text{mod } i_\infty &= m_0 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{mod } i_1 \\ \text{mod } i_\infty \end{aligned}} \right\}.$$

Sollen beide gleich sein, so ist:  $m_0 = \frac{1}{2} m_0 \sqrt{1 + x^2}$ ;  $x = \sqrt{3}$

Für diesen Fall ist:  $\text{tg } \delta = \frac{m_0}{n_0} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ ;  $\delta = 30^\circ$ .

Ist  $n_0 : m_0 = \sqrt{3}$ , so haben wir hexagonale Symmetrie, wenn nahezu  $= \sqrt{3}$ , pseudo-hexagonale.



1) Die Discussion einer Reihe durch Spaltung und Reduction der Theile auf die Form  $0 \dots \infty$  wird weiter unten auseinandergesetzt. Den bis dahin unverständlichen kleinen Passus wolle man dann nachlesen.

**Intensität und Wahrscheinlichkeit (Häufigkeit).** Wir dürfen annehmen, dass eine Zahl (Form) um so häufiger ist, je grössere Intensität ihr zukommt. Wichtig wäre es, die exacte Beziehung zwischen beiden zu finden. Eine rohe Statistik aus Tabellen des Index lässt mich vermuthen, die Häufigkeit sei proportional dem Quadrat der Intensität, doch bedarf diese Frage noch eingehender Untersuchung und vor allem Feststellung, was unter Häufigkeit verstanden werden soll, d. h. wie man die Statistik zu machen habe.

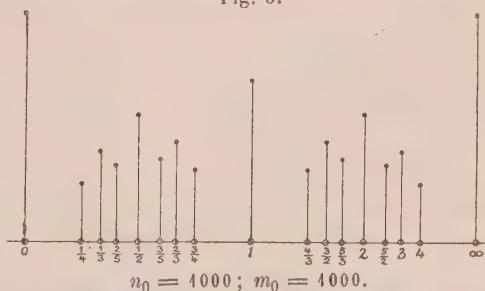
**Beobachtete Formen eines Zonenstücks. Combination.** Wird eine Form (Zahl) beobachtet, der eine gewisse Intensität zugehört (z. B. 250 in der Bezeichnung unseres Beispiels), so sind alle Zahlen von höherer Intensität zugleich wahrscheinlich. Die Gesamtheit der Formen des Zonenstücks umfasst alle diese. Sie werden bei der einen oder anderen Gelegenheit verwirklicht. Das ist, was die Tabellen des Index und die Projectionsbilder wiedergeben.

**Combination** ist ein specieller Fall der Erscheinung. Sie greift in den Grenzen des Wahrscheinlichen eine Gruppe heraus und macht sie wirklich. Warum im speciellen Fall gerade so gewählt wird, ist Sache besonderer Untersuchung.

Eine **graphische Darstellung** möge so geschehen, dass wir die Zahlen als Abscissen auftragen. Sie geben die gnomonische Projection der Zone. Darüber als Ordinaten die berechneten Intensitäten. Statt der Grössen über 4 nehmen wir ihre Reciproken und tragen sie vom anderen Ende her auf; dadurch tritt die vorhandene oder fehlende Symmetrie in den beiden der bei 4 zusammenstossenden Hälften hervor.

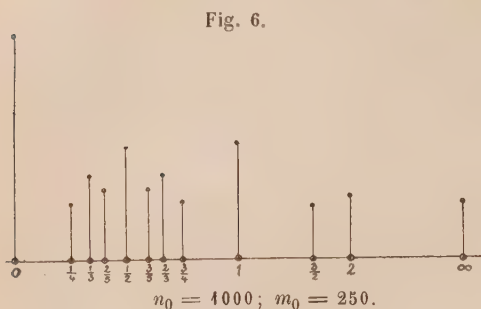
In Fig. 5 und 6 wurden die Punkte eingetragen, deren Intensität 250 übertrifft. In Fig. 5 für  $m_0 = 4000$ ,  $n_0 = 4000$ , in Fig. 6 für  $m_0 = 250$ ,  $n_0 = 4000$ . Die Bilder sind in mancher Beziehung interessant. Sie zeigen die theoretisch abgeleitete Punktvertheilung im Zonenstück, und wir erkennen die Uebereinstimmung mit den aus der Beobachtung entnommenen Projectionsbildern. Wir sehen die wichtigsten Formen mit der höchsten Intensitätsordinate hervorragen und überblicken den Process, wie sich zwischen je zwei Punkten ein dritter durch den Act der Complication mit fallender Intensität einfügt (Abstumpfung der Kante). Wir erkennen die wichtige Rolle der Dominante 4 und den leeren Hof neben 0 4  $\infty$ ; genau entsprechend der Beobachtung.

Fig. 5.





Der Vergleich von Fig. 5 und 6 zeigt bei 6 das Aufhören der Symmetrie um 1 in Folge der Ungleichheit der Primärknoten  $0 \infty$ . Fig. 6 zeigt,



wie 1 zum selbständigen Knoten geworden, so dass sich zwischen 0 und 1 eine Entwicklung vollzieht, die der in Fig. 5 selbst in Bezug auf die Intensitäten fast gleich ist. Im Raum  $1 - \infty$  dagegen finden wir nur eine ganz schwache Entwicklung.

**Schluss auf Intensität der Partikelkräfte.** Vertheilung der Punkte wie in Fig. 5 beobachten wir oft in der Natur und schliessen auf gleiche Intensität der Knoten 0 und  $\infty$ . In Fällen wie Fig. 6 schliessen wir mit Sicherheit, dass 0 stärker ist als  $\infty$ . Der Schluss aber, dass bei dieser Vertheilung 0 in der Zone gerade viermal so stark wirke als  $\infty$ , ist mit Vorsicht zu machen. Es ist hier ein Weg angebahnt, um aus der Anordnung der Punkte die relative Intensität der Knotenpunkte für ein ganzes Formensystem zu gewinnen, doch ist er mit Vorsicht zu gehen, er bedarf noch einer eingehenden Durcharbeitung.

Diese Art der Bestimmung kann wichtig werden, besonders wenn von anderer Seite Unterstützung und Bestätigung kommt, so etwa aus der Centraldistanz der Flächen, der Cohäsion u. a.

Die Zahl der Glieder einer Reihe  $N_\nu$  ist durch die Ordnungszahl  $\nu$  bestimmt. Es ist die Zahl der Glieder von  $N_\nu = 2^\nu + 1$ .

So hat die Reihe  $N_1$   $2^1 + 1 = 3$  Glieder;  $N_2$  hat  $2^2 + 1 = 5$ ;  $N_3$  hat  $2^3 + 1 = 9$  Glieder u. s. w.

**Umformung der Zahlenreihen zum Zweck der Discussion.** Ohne die gegenseitige Lage der Punkte in der Zonenlinie zu ändern, können wir folgende Umformungen vornehmen; durch sie wird die Zahlenreihe der Zone nur formell, nicht im Wesen geändert.

1. **Addition** einer constanten Zahl  $\pm a$  zu jedem Glied der Reihe. Sie bedeutet die Verlegung des Anfangs 0 der Zählung in einen anderen Punkt.

2. **Multiplication** mit einer constanten Zahl  $\pm c$ . Sie bedeutet eine Aenderung in der Wahl der Krafteinheiten; im Projectionsbild eine Aenderung der Längeneinheit in der Zonenlinie. Der Factor  $-c$  bewirkt zugleich die Umkehrung in der Richtung der Zählung.

3. **Inversion** d. h. Ersetzung jeder Zahl durch ihre Reciproke. Dadurch erhält die Reihe  $0 \dots \infty$  die Form  $\infty \dots 0$ . Beide Formen haben die

gleiche Bedeutung. Es ist ja willkürlich, welchen der beiden Endknoten wir 0 nennen, welchen  $\infty$ . Auch die Reihe, welche nicht die Form  $0 \dots \infty$  hat, dürfen wir invertiren; es lässt sich ja eine solche als Theil einer Reihe  $0 \dots \infty$  ansehen.

Eine Combination dieser Operationen liefert:

4. Umformung einer Reihe  $p_1 \dots p \dots p_2$  in die Form  $0 \dots \infty$ , indem wir von jedem Glied  $p$  bilden:

$$\frac{p - p_1}{p_2 - p}.$$

**Beweis.** Wie ersichtlich, wird dabei  $p_1$  zu 0,  $p_2$  zu  $\infty$ . Es ist noch zu zeigen, dass die Zahlenreihe nur formell, nicht im Wesen geändert wird. Das geschieht durch Zurückführung auf die Operationen 1, 2, 3. Wir können folgendermassen transformiren:

Gegebene Reihe:  $p_1 \dots p \dots p_2$

Addition der Constanten  $-p_2$ :  $p_1 - p_2 \dots p - p_2 \dots 0$

Inversion:  $\frac{1}{p_1 - p_2} \dots \frac{1}{p - p_2} \dots \infty$

Multiplication m. d. Const.  $p_1 - p_2$ :  $1 \dots \frac{p_1 - p_2}{p - p_2} \dots \infty$

Addition von  $-1$ :  $0 \dots \frac{p - p_1}{p_2 - p} \dots \infty$

Beispiel. Zahlenreihe:  $p = 1 \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{5}{3} 2$  ( $p_1 = 1$ ;  $p_2 = 2$ )

geht über in:  $\frac{p-1}{2-p} = 0 \frac{1}{2} 1 2 \infty$

**Umkehrung.** Soll aus der Reihe  $0 \dots p \dots \infty$  eine solche mit gegebenen Endzahlen  $p_1 \dots p_2$  gemacht werden, so haben wir aus jeder Zahl  $p$  zu bilden:

$$\frac{p_2 p + p_1}{p + 1}.$$

**Specialfälle.** Die wichtigsten Specialfälle sind folgende:

1. Verwandlung von  $0 \dots 1$  in  $0 \dots \infty$ . Dafür ist  $p_1 = 0$ ,  $p_2 = 1$ . Daher ist zu bilden:

$$\frac{p}{1 - p}.$$

2. Verwandlung von  $1 \dots \infty$  in  $0 \dots \infty$ . Dafür ist zu bilden:

$$p - 1.$$

3. Verwandlung von  $0 \dots \infty$  in  $0 \dots 1$ . Dafür ist zu bilden:

$$\frac{p}{1 + p}.$$

4. Verwandlung von  $0 \dots \infty$  in  $1 \dots \infty$ . Dafür ist zu bilden:

$$p + 1.$$

### Ableitung der niederen Normalreihe aus der höheren und umgekehrt.

Die Ableitung der niederen Reihe aus der höheren besteht darin, dass wir die höhere Reihe  $0 \dots 1 \dots \infty$  in der Mitte bei 1 spalten und die Hälften in die Form  $0 \dots \infty$  bringen. Das geschieht durch Bildung von  $p - 1$  aus der zweiten Hälfte oder von  $\frac{p}{1 - p}$  aus der ersten Hälfte.

$$\begin{aligned} \text{Beispiel. } N_3 &= 0 \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{2}{3} 1 \frac{3}{2} 2 3 \infty \\ p - 1 &= 0 \frac{1}{2} 1 2 \infty = N_2. \end{aligned}$$

Die Ableitung der höheren Reihe aus der niederen ist eine Verwandlung von  $0 \dots \infty$  in  $1 \dots \infty$  (sie geschieht durch Bildung von  $p + 1$ ) und Ergänzung durch Zufügung der Reciproken:

$$\begin{aligned} \text{Beispiel. } N_2 &= 0 \frac{1}{2} 1 2 \infty \\ p + 1 &= 1 \frac{3}{2} 2 3 \infty \\ \text{Reciproke} &= 0 \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{2}{3} 1 . \\ \text{Zusammen: } 0 \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{2}{3} 1 \frac{3}{2} 2 3 \infty &= N_3. \end{aligned}$$

Anm. Man kann die höhere Reihe auch so bilden, dass man zwischen je zwei Glieder  $\frac{a}{b}$ ,  $\frac{c}{d}$  ein Glied  $\frac{a+c}{b+d}$  einfügt, wobei  $0 = \frac{0}{1}$  zu setzen ist:

$$\begin{aligned} \text{z. B.: } 0 & \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot \\ \text{Einzufügen} & \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{4} \cdot \end{aligned}$$

Dies geht aber nur, wenn die Reihe lückenlos ist.

**Symmetrische Form der Reihe.**  $1 \dots 0 \dots \bar{1}$ . Die Gestalt der Zonenreihe  $1 \dots 0 \dots \bar{1}$  erhalten wir aus  $0 \dots \infty$  durch Umrechnung jeder Zahl  $p$  in

$$\frac{1 - p}{1 + p}.$$

Umgekehrt erhalten wir  $0 \dots \infty$  aus  $1 \dots 0 \dots \bar{1}$  durch die gleiche Umrechnung

$$\frac{1 - p}{1 + p}.$$

$$\begin{aligned} \text{Beispiel. } N_3 &= 0 \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{2}{3} 1 \frac{3}{2} 2 3 \infty \\ \frac{1 - v^1}{1 + v} &= 1 \frac{1}{2} \frac{1}{3} \frac{1}{5} 0 \frac{1}{5} \frac{1}{3} \frac{1}{2} \bar{1} = \text{symmetrische Form} \\ \frac{1 - v}{1 + v} &= 0 \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{2}{3} 1 \frac{3}{2} 2 3 \infty = \text{einfache Form.} \end{aligned}$$

In der symmetrischen Form sind die Endknoten 1 und  $\bar{1}$ , die Dominante 0.

Anm. Die symmetrische und die einfache Form sind reciprok. Sie bilden eine Periode in dem Sinne, dass durch wiederholtes Anwenden der gleichen Formel

1)  $v$  bedeute bei solchen Transformationen hier und im Folgenden die Glieder der vorhergehenden Reihe.



$\frac{1-p}{1+p}$  stets abwechselnd die beiden Formen entstehen und zwar unter steter Wiederkehr der gleichen Zahlen. Die Reihe wurde symmetrisch genannt, weil rechts und links von 0 die gleichen Zahlen mit umgekehrtem Vorzeichen auftreten.

Wir wollen an den wichtigsten Reihen den Zahlencharakter zeigen:

$N_1$ in symmetrischer Form:	4	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.	.	.	.	.	.	1											
$N_2$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1											
$N_3$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	.	$\frac{1}{2}$	.	$\frac{1}{3}$	.	$\frac{1}{4}$	.	0	.	$\frac{1}{5}$	.	$\frac{1}{6}$	.	$\frac{1}{7}$	.	$\frac{1}{8}$	.	$\frac{1}{9}$	.	1
$N_4$ -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	0	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{16}$	1	

Charakteristisch sind die Brüche  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{7}$ , das Zurücktreten von  $\frac{1}{2}$  hinter  $\frac{1}{3}$ . Finden wir diesen Zahlencharakter, so schliessen wir auf symmetrische Form resp. darauf, dass in 1 und 1 die Endknoten zu suchen sind, in 0 die Dominante.

**Octavenform der Reihe** 1 . . .  $\frac{3}{2}$  . . . 2. Wir erhalten sie aus 0 . . .  $\infty$  durch Bildung von  $\frac{2p+1}{p+1}$ , umgekehrt 0 . . .  $\infty$  aus 1 . . . 2 durch  $\frac{p-1}{p-2}$ . Wir erhalten 1 . . . 2 aus der symmetrischen Form 1 . . . 1 durch Bildung von  $\frac{1}{2}(3-p)$ , umgekehrt 1 . . . 1 aus 1 . . . 2 durch  $3-2p$ .

Diese Form der Reihe ist für die Krystalle nicht wichtig, sie interessiert uns nur wegen des Vergleiches mit den Zahlen der Schwingungsverhältnisse der Töne innerhalb der Octav. Die Endknoten sind 1 und 2, bei den Tönen Grundton und Octav, die Dominante  $\frac{3}{2}$ , bei den Tönen die Quint.

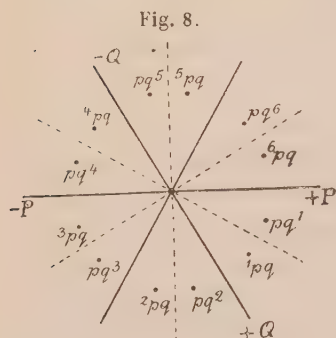
Wir werden diesen Beziehungen zwischen krystallographischen und musikalischen Zahlen näher treten und werden finden, dass sich die Zahlen der krystallographischen Normalreihen als Grundlage der musikalischen Harmonie betrachten lassen. Wir wollen sie deshalb als die harmonischen Zahlen, die Normalreihen  $N_1, N_2, N_3 \dots$  als harmonische Reihen bezeichnen. Diese Beziehung bestimmte die Wahl des Namens Dominante für den mittleren Punkt der Reihe.

**Spaltung einer Reihe in freie Stücke.** Man kann ein Zonenstück zwischen zwei beliebigen Punkten  $p_1$  und  $p_2$  herausnehmen und auf die Form 0 . . .  $\infty$  bringen. In dieser Form übersieht man am besten, ob das Stück normal oder gestört ist, und in welchen Punkten; ob  $p_1 p_2$  als Endknoten des Stückes anzusehen sind. Ein ungestörtes Zonenstück zwischen 2 Knoten nennen wir ein freies. Wir haben in der Spaltung ein wichtiges Mittel, die Zahlenreihe einer Zone, das ist die Folge der Flächen, zu discutiren. Wir werden dies Mittel vielfach anwenden, die Art der Discussion in Beispielen weiter unten kennen lernen.

**Vorzeichen.** Ueberschreiten von  $\infty, \infty$ . Beim Ueberschreiten der Grenzen 0 oder  $\infty$  ist der Wechsel des Vorzeichens zu beachten. Eine Reihe mit zwischenliegendem  $\infty$ , das in  $\infty$  überspringt, untersucht man durch Inversion, d. i. Ersetzen der Zahlen durch die reciproken.

Beispiel.	0	1	$\infty$ ( $\infty$ )	$\frac{2}{2}$	1
Invertirt:	$\infty$	1	0	$\frac{1}{2}$	1
$v + 1$	$\infty$	2	1	$\frac{1}{2}$	0 = $N_2$ .

**Hexagonales System.** Durchzieht im hexagonalen System ein Zonenstück, dessen Zahlenreihe man studiren will, mehrere Gebiete (Sextanten), in denen verschiedene Zählung stattfindet, so sind für die Discussion der Zahlenreihe die Symbolzahlen durch solche zu ersetzen, die der fortlaufenden Zählung von einem Punkte aus entsprechen. Welchen Sextanten man dabei als ersten nimmt, ist gleichgültig. Wir tragen das zu untersuchende Zonenstück ins Projectionsbild, wählen einen Sextanten als den ersten und bezeichnen danach die Einzelflächen in der Index 1, 143 vorgeschlagenen Weise, die aus Fig. 8 ersichtlich ist. Wir nehmen die den ersten Sextanten begrenzenden Axenstücke als positive Zählaxen ( $+P$ ,  $+Q$ ), dann sind die Symbole der Einzelflächen ( $p > q$ ) folgende:



$pq^1 = qp$	$pq^4 = \bar{q}\bar{p}$
$1pq = pq$	$4pq = \bar{p}\bar{q}$
$pq^2 = p + q; \bar{q}$	$pq^5 = \bar{p} + \bar{q}; q$
$2pq = p + q; \bar{p}$	$5pq = \bar{p} + \bar{q}; p$
$pq^3 = p; \bar{p} + \bar{q}$	$pq^6 = \bar{p}; p + q$
$3pq = q; \bar{p} + \bar{q}$	$6pq = \bar{q}; p + q$

Beisp.  $34^6 = +\bar{3}4$ .

Das Vorzeichen  $\pm$  der Hemiëdrie hat mit obigen  $\pm$  nichts zu thun. Es wird bei der Umrechnung nicht berücksichtigt.

**Specialfall. Hexagonale Parallelzonen.** Symbole  $G_1'$ ,  $G_2'$ <sup>1)</sup>. Die Parallelzonen liefern bei obigem Durchzählen bis zur Symmetrielinie die Symbole  $G_1'$ ,  $G_2'$  des Index. Diese haben ein besonderes Interesse aus folgendem Grund. In den anderen Systemen hat jede Parallelzone eine Zahl  $p$  oder  $q$  constant. Diese Constante ist charakteristisch (**Kennziffer**); nach ihr benennen wir die Zone z. B.

....  $1\bar{1}$  10 1 12 .... = Quer Parallelzone 1 = Querzone 1,  
 ....  $\bar{1}2$  02 12 2 .... = Längs Parallelzone 2 = Längszone 2.

Diese Kennziffer tritt in den Reihen  $G_1'$  resp.  $G_2'$  hervor, während die zweiten Ziffern der Grösse nach folgen. Den ursprünglichen Reihen fehlt diese Uebersicht und damit eine Analogie mit den anderen Systemen.

Beispiel 1. Calcit. Parallelzone 4 (Index 1, 374).

	$\varphi^2$	$\mathcal{A}^2$	$\mathcal{B}^2$	$\mathcal{D}^2$	$\mathcal{C}^2$	$\mathcal{D}^2$	$\mathcal{E}^2$	$\mathcal{F}^2$	$\mathcal{G}^2$	$\alpha$
$G_2$ :	$-2$	$-\frac{5}{2}\frac{3}{2}$	$-\frac{13}{5}\frac{7}{5}$	$-\frac{8}{3}\frac{4}{3}$	$-\frac{1}{4}\frac{5}{4}$	$-\frac{2}{9}\frac{8}{7}$	$-3\frac{4}{7}$	$-\frac{16}{5}\frac{4}{5}$	$-\frac{7}{2}\frac{1}{2}$	4 0
$G_2'$ :	$4\frac{2}{2}$	$4\frac{3}{2}\frac{3}{2}$	$4\frac{5}{5}\frac{7}{5}$	$4\frac{3}{3}\frac{4}{3}$	$4\frac{4}{4}\frac{5}{4}$	$4\frac{8}{7}\frac{8}{7}$	$4\frac{7}{7}$	$4\frac{4}{5}\frac{4}{5}$	$4\frac{1}{2}\frac{1}{2}$	4 0

1) Vergl. Index 1, 32 und Tabellen.

$1\mathfrak{G}:$	$1K:$	$m^1:$	$\mathfrak{P}:1$	$\mathfrak{S}:1$	$\mathfrak{R}:1$
$4\frac{4}{7}$	$+4\ 4$	$+4$	$+7\ 4$	$+10\ 4$	$+16\ 4$
$4\frac{4}{7}$	$4\ 4$	$4$	$4\ 7$	$4\ 10$	$4\ 16$

**Excentrische Symbole**  $E^1) = \frac{1}{3}(p-1) \cdot \frac{1}{3}(q-1)$ . Wir bemerken in den Tabellen des Index, dass die Zahlen  $G_1'$   $G_2'$  der Radial- und Parallelzonen nicht mit Differenzen von 1 und in einfachen Brüchen fortschreiten, sondern mit Differenzen von 3 und dessen rationalen Vielfachen.

Zunächst die **Kennziffer**. Sehen wir beim Calcit von den letzten zehn Formen des Index ab, von denen übrigens einige nicht sicher sind, so finden wir unter  $G_2'$  folgende Kennziffern:

$$p = \bar{8}\ \bar{5}\ \bar{2}\ \bar{1}\ \bar{\frac{1}{2}}\ 0\ 4\ 4\ 7\ \infty$$

$$\text{Differenz} = 3\ 3\ \frac{3}{2}\ \frac{3}{2}\ 3\ 3$$

Bilden wir aus den Kennziffern  $\frac{1}{3}(p-1)$ , so erhalten wir:

$$\frac{1}{3}(p-1) = \bar{3}\ \bar{2}\ \bar{1}\ \frac{2}{3}\ \frac{1}{3}\ \frac{1}{3}\ 0\ 4\ 2\ \infty$$

Das sind aber die Zahlen unserer Normalreihe

$$N_3 = 0\ \frac{1}{3}\ \frac{1}{2}\ \frac{2}{3}\ 1\ \frac{3}{2}\ 2\ 3\ \infty.$$

Es fehlt nur  $\frac{3}{2}$ .

Auch bei den zweiten Zahlen der einzelnen Zonen finden wir ein Fortschreiten nach Differenzen 3. Besonders bei den grosszahligen äusseren Gliedern. Bilden wir  $\frac{1}{3}(q-1)$ , so erhalten wir einfache Zahlen.

Beispiel 2. Calcit. Zone  $p$ .

$$p(G_2) = \bar{17}\ \bar{14}\ \bar{11}\ \bar{8}\ \bar{5} \dots 7\ 40\ 43\ 46\ 49\ 28$$

$$\text{Differenz} = 3\ 3\ 3\ 3 \dots 3\ 3\ 3\ 3\ 9$$

$$\frac{1}{3}(p-1) = \bar{6}\ \bar{5}\ \bar{4}\ \bar{3}\ \bar{2} \dots 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 9$$

Das Symbol  $\bar{9}$  passt nicht in die Reihe. Es findet sich nur von Sansoni erwähnt (diese Zeitschr. 1885, **10**, 582) und bedarf wohl der Bestätigung.

Beispiel 3. Calcit. Parallelzone 4.

$$q(G_2') = \dots 40\ \frac{23}{2}\ 43\ 46\ \frac{35}{2}\ 49\ \frac{47}{2}\ 25$$

$$\text{Differenz} = \dots \frac{3}{2}\ \frac{3}{2}\ 3\ \frac{3}{2}\ \frac{3}{2}\ \frac{9}{2}\ \frac{3}{2}$$

$$\frac{1}{3}(q-1) = \dots 3\ \frac{7}{2}\ 4\ 5\ \frac{11}{2}\ 6\ \frac{15}{2}\ 8$$

Beisp. 4. Calcit. Parallelzone +4.

$$q(G_2') = \dots 4\ 4\ 7\ 10\ 16$$

$$\text{Differenz} = \dots 3\ 3\ 3\ 6$$

$$\frac{1}{3}(q-1) = \dots 0\ 4\ 2\ 3\ 5$$

Wir sehen bei der Bildung der Symbole  $E = \frac{1}{3}(p-1) \cdot \frac{1}{3}(q-1)$  die Sonderbarkeit der Zahlen verschwinden. Wir finden in  $E$  die Zahlen analog denen der anderen Systeme. Das ist der Grund, warum diese Reihen in den Index aufgenommen wurden.

**Genetische Bedeutung der excentrischen Symbole  $E$ .** Die Bildung von  $E = \frac{1}{3}(p-1) \cdot \frac{1}{3}(q-1)$  aus den Symbolen  $G_2'$  bedeutet eine Ver-

4) Vergl. Index. Tabellen.

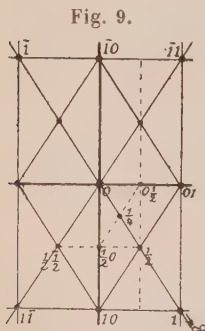


legung des Anfangspunktes der Zählung von der Basis 0 nach den excentrischen Punkten  $p = +1$ , beim Calcit nach dem Spaltungsrhomboëder, zugleich Ausmessen mit der dreifachen Einheit  $3p_0$ . Es ist aber gerade  $3p_0$  die Entfernung zweier Punkte des Spaltungsrhomboëders  $p^1 \cdot p^3$ .

Dass dabei die Zahlen einfach werden, zeigt, dass die Entwicklung der Formen hauptsächlich von dem Spaltungsrhomboëder  $p = +1$  ausgeht, dass die Punkte  $p$  die Hauptprimärknoten sind. Eine speciellere Discussion bestätigt das.

**Mohs' Gesetz.** Mohs<sup>1)</sup> hatte gefunden, dass bei den wichtigsten Rhomboëdern, nämlich denen, die einander die Polkanten gerade abstumpfen, das Parameterverhältniss (für die um  $60^\circ$  gedrehten mit  $\pm$  bezeichnet) nach den Potenzen von  $-2$  fortschreitet. Also  $+1, -\frac{1}{2}, +1, -2, +4, -8, \dots$ . Darauf baute er seine Symbole. Er bezeichnete das Grundrhomboëder mit  $R$  (unser  $+1$ ), die abgeleiteten Rhomboëder mit  $R \pm n$ , unser  $(-2)^{\pm n}$ . Er erweiterte das Princip nicht nur auf die anderen hexagonalen Formen (S. 120), sodass z. B. sein  $P \pm n$  unserem  $(-2)^{\pm n} \cdot 0$  entspricht, sondern auch auf die anderen Systeme. Dort nahm er die Potenzen von  $+2$ , sodass z. B. im rhombischen System  $P$  unserem  $1$  entspricht,  $P \pm n$  unserem  $2^{\pm n} \cdot 2$ .

Nach unseren oben entwickelten Anschauungen hat Mohs' Gesetz folgende genetische Bedeutung. Es bedeutet ein Ausgehen von  $+1$  und  $\infty 0$  als Primärknoten. Ausscheiden der mittleren Punkte (Dominanten)  $-\frac{1}{2}$  zwischen  $+1 : +1$  und  $-2$  zwischen  $+1$  und  $\infty 0$ . Spannen der Zonen  $[-\frac{1}{2} \cdot -\frac{1}{2} \cdot \infty 0]$  sowie  $[-2 \cdot -2 \cdot \infty 0]$  und Bildung der Dominanten  $+\frac{1}{4}$  zwischen  $-\frac{1}{2} \cdot -\frac{1}{2}$ ,  $+1$  zwischen  $-2 \cdot \infty 0$  u. s. w.<sup>3)</sup>.



Bei den anderen Systemen entspricht Mohs' Gesetz dem analogen Vorgang. Ausgang von den Knoten  $0 \cdot \infty$  (Fig. 9, Rhombisch). Ausscheiden der Dominante  $1$  ( $P$  Mohs). Dann Bildung der Dominante  $\frac{1}{2}$  ( $P - 1$  Mohs) zwischen  $0$  und  $1$ ;  $2 = P + 1$  zwischen  $1$  und  $\infty$ ,  $\frac{1}{4} = P - 2$  zwischen  $0$  und  $\frac{1}{2}$ .

Die gleiche Entwicklung in Zone  $[0 \cdot 0 \cdot \infty]$  und  $[0 \cdot \infty \cdot 0]$ .  $\check{P}r = 01$ ; zwischen  $01$  und  $0$  die Dominante  $0\frac{1}{2} = \check{P}r - 1$ , zwischen  $01$  und  $0 \cdot \infty 02 = \check{P}r + 1$  u. s. w.

Bis zur Normalreihe  $N_2 = 0 \frac{1}{2} 1 2 \infty$  entsprechen die Mohs'schen Zahlen der freien Entwicklung. Weiter bildet sich die freie Zone zu  $N_3 = 0 \frac{1}{3} \frac{1}{2} \frac{2}{3} 1 \frac{3}{2} 2 3 \infty$ , während Mohs' Gesetz  $0 \frac{1}{4} \frac{1}{2} 1 2 4 \infty$  und dann  $0 \frac{1}{8} \frac{1}{4} \frac{1}{2} 1 2 4 8 \infty$  brachte, was mit der Beobachtung nicht stimmt. Da wo

1) Mohs, Leichtfassl. Anfangsgründe 1832, 112 und 114.

2) Vergl. Index 1, 54.

3) Näheres über solche Entwicklung siehe weiter unten.

die Entwicklung über  $N_2$  nicht hinausgeht, waren Mohs' Symbole in gutem Anschluss an die Natur. Sie versagten bei höherer Complication. Sie versagten ferner bei weiteren Verknüpfungen, also bei allen Zonen ausser den Axen- und Diagonalzonen.

**Theilung und innere Beeinflussung einer Zone.** Entwickelt sich eine Zone frei zwischen zwei Knoten, so zeigen die Zahlen, auf die Form  $0 \dots \infty$  reducirt, die normale Folge. Umgekehrt erkennen wir an der normalen Zahlenfolge, dass eine Beeinflussung (Störung) nicht stattgefunden hat.

Indem man nun aufsucht, zwischen welchen Punkten die Zahlen normal folgen, kann man jede Zone in lauter freie Stücke theilen. Wir wollen an einigen Beispielen diese Art der Discussion zeigen.

**Beispiel 4. Calcit<sup>1)</sup>.** Zone  $[-2:4:-2:\infty 0] = \varphi \cdot p \cdot \varphi \cdot a$ . Fassen wir die eine Hälfte der nach  $p = 4$  symmetrischen Zone auf und zählen durch die Dodekanten durch in der oben angegebenen Weise, so haben wir:

Buchst.:	$p$	$a$	$b$	$\lambda$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	$h$	$i$
Symbole $G_2'$	$-2\frac{1}{2}$	$-2\frac{3}{5}$	$-2\frac{1}{4}$	$-20$	$-2\frac{1}{5}$	$-2\frac{2}{7}$	$-2\frac{1}{2}$	$-2\frac{2}{3}$	$-2\frac{4}{5}$	$-24$	$-2\frac{5}{7}$
Buchst.:	$\xi$	$m$	$\varphi$	$n$	$o$	$p$	$q$	$r$	$a$		
Symbole $G_2'$	$-2\frac{7}{5}$	$-2\frac{5}{3}$	$-2$	$-2\frac{7}{2}$	$-24$	$-25$	$-28$	$-244$	$0$	$\infty$	

Das Symbol  $pq$  hat  $p$  constant  $= -2$ . Es ist also nur  $q$  Gegenstand der Betrachtung. Wären  $p$  und  $q$  ungleich, so könnten wir die  $p$  oder die  $q$  untersuchen. Das Resultat wäre das gleiche. Die  $q$  bilden die Reihe:

$$A = q: \quad p \quad e \quad \varphi \quad a \\ 1 \quad \frac{2}{5} \quad \frac{1}{4} \quad 0 \quad \frac{1}{5} \quad \frac{2}{7} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{2}{3} \quad \frac{4}{5} \quad 1 \quad \frac{8}{7} \quad \frac{5}{4} \quad \frac{7}{5} \quad \frac{5}{3} \quad 2 \quad \frac{7}{2} \quad 4 \quad 5 \quad 8 \quad 11 \quad \infty$$

Betrachten wir  $p$  und  $a$  als Anfangs- und Endknoten ( $0, \infty$ ), worauf die Wichtigkeit dieser Punkte hindeutet, die sich auch im Projectionsbilde zeigt, d. h. bilden wir  $(q + 1)$ , so erhalten wir:

$$p \quad e \quad \varphi \quad a \\ 0 \quad \frac{2}{5} \quad \frac{3}{4} \quad 1 \quad \frac{6}{5} \quad \frac{9}{7} \quad \frac{3}{2} \quad \frac{5}{3} \quad \frac{9}{5} \quad 2 \quad \frac{17}{7} \quad \frac{9}{4} \quad \frac{13}{5} \quad \frac{8}{3} \quad \frac{3}{2} \quad 5 \quad 6 \quad 9 \quad 12 \quad \infty$$

Die Zahlen werden einfacher bei Division durch 3. Dann erhalten wir:

$$p \quad e \quad \varphi \quad a \\ B = \frac{q+1}{3} \quad 0 \quad \frac{1}{5} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{7} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{5}{3} \quad \frac{2}{3} \quad \frac{5}{7} \quad \frac{2}{4} \quad \frac{8}{5} \quad 1 \quad \frac{3}{2} \quad \frac{5}{3} \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad \infty$$

Dabei ist  $\varphi$  zur Dominante (4) geworden, was seiner Wichtigkeit entspricht.

Die Reihe  $B$  ist nicht einheitlich. Das Stück  $p \cdot \varphi$  ist stärker entwickelt, als  $\varphi \cdot a$ .  $p \cdot \varphi$  bildet fast genau die Hälfte einer Normalreihe  $N_5$ , nämlich:

$$p \quad e \quad \varphi \\ N_5 = 0 \quad \frac{1}{5} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{2}{7} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{5}{3} \quad \frac{2}{7} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{5}{3} \quad \frac{2}{3} \quad \frac{5}{7} \quad \frac{3}{4} \quad 1 \\ B_1 = p \cdot \varphi = 0 \quad \frac{1}{5} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{7} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{5}{3} \quad \frac{2}{3} \quad \frac{5}{7} \quad \frac{2}{4} \quad \frac{8}{5} \quad 1$$

$\varphi \cdot a$  dagegen ist nicht so hoch differenzirt und bildet die Hälfte einer  $N_4$ , nämlich:

$$\varphi \quad a \\ N_4 = 1 \quad \frac{4}{3} \quad \frac{3}{2} \quad \frac{5}{3} \quad 2 \quad \frac{5}{2} \quad 3 \quad 4 \quad \infty \\ B_2 = \varphi \cdot a = 1 \quad \frac{3}{2} \quad \frac{5}{3} \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad \infty$$

1) Vergl. Projectionsbilder Taf. 3, 4, 7. Index 1, 374.

Das deutet auf eine Abnormität im Punkte  $\varphi$  und veranlasst bei  $\varphi$  zu spalten.

$B_1 = 0 \dots 4$  durch Bilden von  $\frac{p}{4-p}$  auf die einfache Form  $0 \dots \infty$  reducirt, giebt

$$\begin{array}{ccccccccccccccc} & p & & & & e & & & & & \varphi & & & & \\ C_1 = & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \cdot & \frac{1}{2} & \cdot & \frac{2}{3} & \frac{3}{4} & 4 & (\frac{5}{4}) & \frac{3}{2} & \cdot & 2 & \frac{5}{2} & 3 & 4 & (8) & \infty, & \text{w\"ahrend} \\ N_4 = & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{2}{3} & \frac{3}{4} & 4 & \frac{4}{3} & \frac{3}{2} & \frac{5}{3} & 2 & \frac{5}{2} & 3 & 4 & \cdot & \infty \\ N_3 = & 0 & \cdot & \frac{1}{3} & \cdot & \frac{1}{2} & \cdot & \frac{2}{3} & \cdot & 4 & \cdot & \frac{3}{2} & \cdot & 2 & \cdot & 3 & \cdot & \infty \end{array}$$

Das Zonenstück  $p \cdot \varphi$  zeigt keine wesentliche Störung. Es ist als frei zwischen den Knoten  $p \cdot \varphi$  anzusehen. Es steht in der Entwicklung (d. h. in der Wahrscheinlichkeit des Zutagetretens und in der Beobachtung der Punkte) zwischen  $N_3$  und  $N_4$ . Auffallend sind  $\frac{5}{4}$  und 8; sie regen eine Revision der Beobachtung an.

Das Zonenstück  $C_2 = \varphi \cdot a$  giebt, durch Bildung von  $\frac{p}{4-p}$  auf die Form  $0 \dots \infty$  reducirt:

$$\begin{array}{ccccccccccccccc} & \varphi & & & & a & & & & & & & & & \\ C_2 = & 0 & \cdot & \frac{1}{2} & \frac{2}{3} & 4 & \cdot & 2 & 3 & \infty, & \text{w\"ahrend} \\ N_3 = & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{2}{3} & 4 & \frac{3}{2} & 2 & 3 & \infty & \text{ist,} \\ N_2 = & 0 & \cdot & \frac{1}{2} & \cdot & 4 & \cdot & 2 & \cdot & \infty \end{array}$$

Es ist als frei gespannt zwischen den Knoten  $\varphi \cdot a$  anzusehen. In der Entwicklung zwischen  $N_2$  und  $N_3$ .

Würden wir  $C_1$  bei seiner Dominante  $e$  nochmals spalten, so erhielten wir:

$$\begin{array}{ccccccccccccccc|ccccccc} & p & & & & e & & & & & e & & & & \varphi & & & & \\ C_1 = & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \cdot & \frac{1}{2} & \cdot & \frac{2}{3} & \frac{3}{4} & 4 & & & & & 4 & \frac{5}{4} & \frac{3}{2} & \cdot & 2 & \frac{5}{2} & 3 & 4 & 8 & \infty \\ \text{gespalten:} & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \cdot & 4 & \cdot & 2 & 3 & \infty & & & & & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \cdot & 4 & \frac{3}{2} & 2 & 3 & 7 & \infty \end{array}$$

Wir erhalten zwei Reihen von der Entwicklung  $N_3$ . Eine Störung bei  $e$  ist nicht zu bemerken. Dagegen treten die auffallenden Zahlen  $\frac{5}{4}$ , 7 deutlich hervor.

Ist ein Zonenstück frei, die Entwicklung darin normal, gleichgiltig ob höherer oder niederer Ordnung, so liefert die Spaltung nichts, als freie Stücke niederer Ordnung. Bezeichnen wir einen Punkt als verstärkt, der auf die Punktvertheilung in seiner Umgebung verändernd wirkt, so können wir sagen: Ein freies Zonenstück hat in sich keine verstärkten Punkte.

**Zufällige Formen.** Die Zahlen  $\frac{5}{4}$ , 8 in Reihe  $C_1$  können immerhin richtig sein, trotzdem sie in die Normalreihe nicht passen. Auch das, was geringere Wahrscheinlichkeit hat, ist mit dem Wahrscheinlicheren, Häufigeren hie und da zugleich ausgebildet und beobachtet. Bei unendlich vielen Fällen der Beobachtung würden sich alle Zahlen finden, auch die unwahrscheinlichsten.

Die factische Beobachtungsreihe zeigt das durch seine Wahrscheinlichkeit in einer beschränkten Zahl von Fällen zur Wirklichkeit Gewordene und Beobachtete.

Solche (hochzahlige) Formen geringer Wahrscheinlichkeit, die unvermittelt in einer Reihe niederer Entwicklung auftreten, wollen wir **zufällige Formen** nennen.



**Knoten. Verstärkte Punkte. Spaltung.** Wir haben im Beispiel Folgendes gesehen: Die Theilung der Zone in freie Stücke ist ein Mittel, die Knoten und verstärkten Punkte aufzufinden. Solche machen sich in folgender Weise kenntlich. Bei Reduction der Reihe auf die wichtigsten Punkte als Endknoten  $0, \infty$  werden die Zahlen einfach, doch zeigen sich öfters Unregelmässigkeiten gegenüber der Normalreihe, Anhäufungen in einem bestimmten Gebiet. Diese Abnormität der Zahlenfolge schwindet beim Spalten.

In dem kleineren, abgespaltenen Stück ist die Entwicklung normal. Die reichere Entfaltung im Theilstück erscheint in Bezug auf das grössere Ganze als Abnormität. Wir nehmen an, dass einer reicheren Entwicklung unter sonst gleichen Verhältnissen eine grössere Intensität der das Stück beherrschenden Kräfte (Knoten) entspricht. Dem entsprechend wurden Punkte, welche, selbst beeinflusst z. B. durch Einschneiden einer anderen Zone, eine reichere Entwicklung in ihrer Umgebung veranlassen, als **verstärkte** bezeichnet.

**Auffindung der verstärkten Punkte. Rangordnung der Dominanten.** Das Verfahren zur Auffindung dieser Punkte ist folgendes: Durch die vier erlaubten Umformungen (S. 22, 23): Verlegung des Anfangs (Addition), Reduction auf die Form  $0 \dots \infty$ , Verschieben der Dominante (Multiplication) und Inversion giebt man den Zahlen die einfachste, das heisst der Normalreihe ähnlichste Form. Ist die Reihe noch nicht normal, so spaltet man bei 1, d. h. man bringt die beiden Hälften durch die Transformation  $\frac{p}{1-p}$  für  $p \leq 1$ , resp.  $p - 1$  für  $p \geq 1$  in die Form  $0 \dots \infty$ ,

Darauf vereinfacht man, wenn nöthig, beide Stücke durch Verlegung der Dominante (Multiplication) und erhält in jedem Stück eine neue Dominante. Man spaltet bei diesen, wenn die Stücke noch nicht normal sind, und fährt so fort, bis nur freie Stücke bleiben. Die zu Endknoten der Stücke werdenden Dominanten sind die verstärkten Punkte. Sie treten bei dieser Art der Auffindung in absteigender Folge der Wichtigkeit auf, indem jede folgende ein kleineres Stück beeinflusst. So erhalten wir zugleich mit der Auffindung eine Rangordnung der Dominanten (Knoten).

In unserem obigen Beispiel Calcit, Zone  $[-2 : -2]$ , fanden wir so als Knoten der Reihe nach  $p \cdot \varphi \cdot a \cdot e \dots$ . Einige weitere Beispiel mögen das Verfahren beleuchten. Die Beispiele sind mit Vorliebe aus dem hexagonalen System genommen wegen der dort gefundenen, reichen und mannigfaltigen Entwicklung; zugleich um die Zählung durch die Dodekanten von dem gleichen Anfang in den Beispielen zu zeigen. In den anderen Systemen entfällt diese kleine Complication.

### Discussion von Zahlenreihen durch Reduction auf die Form $0 \dots \infty$ und Spaltung.

Beispiel 2<sup>1)</sup>. Quarz. Proj.-Bilder, Taf. 40, 41, 42, Index 3, 4.

Zone. Buchstabe:	1h	L <sup>1</sup> .	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	6s
Allg. Symbol $G_1$ :	20	$4\frac{2}{3}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{3}$	4
Vom gemeinsamen Anfang gezählt (S. 26)	20	$4\frac{2}{3}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{3}$	$4\frac{1}{2}$
$q$	0	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{4}{3}$	2
$\frac{1}{2}q$	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1
reducirt $\frac{v}{1-v}$ 2)	0	$\frac{1}{2}$	1	2	$\infty$

Die Reihe ist normal =  $N_2$ ; 1h 6s sind die Endknoten.

Wir nehmen als weiteres Beispiel eine untergeordnete Zone, um zu zeigen, dass für sie, wie für die wichtigen Zonen, die gleiche Gesetzmässigkeit und die gleiche Discussion gilt.

Beispiel 3. Quarz.

Zone. Buchst.	J:6	6s	6Q	5:1	1p	2R	2p	2x	1:3	E:3
Allgem. Symbol $G_1$ :	$5\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{3}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4}$	20	54	$2\infty$
Von gemeins. Anf. gezählt:	$5\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{3}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{3}$	$\infty\frac{1}{2}$
$p$	5	4	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	4	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4}$	2	5	$\infty$
$\frac{p+4}{3}$	$4\frac{1}{3}$	0	$4\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{3}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4}$	1	2	$\infty$

Spaltung bei s u. k.  $\frac{v}{1-v}$  . . . 0  $\frac{1}{3}$  .  $\frac{2}{3}$  1 . 2 3  $\infty$

Das Stück sx ist normal =  $N_3$ . Es wären noch die Zahlen  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$  zu erwarten entsprechend den Flächen:  $-\frac{2}{3}0$  und  $\frac{2}{3}$ .

$-\frac{2}{3}0$  ist von Websky (Jahrb. Min. 4874, 822) angegeben,  $+\frac{2}{3}0$  von Websky daselbst und von Des Cloizeaux als  $a^7$ . In beiden Fällen nicht gesichert, aber wahrscheinlich. Auch das Projectionsbild Taf. 42 macht die Form wahrscheinlich durch den Schnitt vieler Zonen.  $\frac{2}{3}$  dagegen findet sich nicht angegeben. Sollte es für Des Cloizeaux  $\Gamma = \frac{4}{3}$  zu setzen sein, das durch ungefähre Messung bestimmt ist?

$J:6$ ,  $1:3$  verdanken ihre Entstehung der Wirkung der Knoten 6s 2x nach aussen. Sie bilden mit xs die Reihe

	2x	31	E:3	J:6	6s
$\frac{p+4}{3}$	4	2	$\infty$	$\frac{2}{3}$	0
reciprok	4	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{3}{4}$	$\infty$
$1-v$	0	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{7}{4}$	$\infty$

Das Stück wäre normal =  $N_2$ , wenn wir 2 statt  $\frac{7}{4}$  setzen dürften, entsprechend einer Fläche 42 statt  $5\frac{1}{2}$ . 42 ist durch den Zonenverband nicht minder wahrscheinlich als  $5\frac{1}{2}$  (vergl. Projectionsbilder Taf. 40).

Beispiel 4. Eisenglanz. Projectionsbilder Taf. 8 und 9. Index 1, 534.

Zone. Buchst.	p <sup>2</sup>	H:2	L:2	M:2	N:2	O:2	a:2	b:2	2 <sup>2</sup>
Allg. Symbol $G_2$ :	14	$3\frac{7}{11}$	$4\frac{2}{3}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$8\frac{2}{5}$	$7\frac{1}{4}$	20
Von gemeins. Anf. gez.	21	$2\frac{7}{11}$	$2\frac{2}{3}$	$2\frac{5}{8}$	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{2}{5}$	$2\frac{1}{4}$	20
$\frac{q+4}{3}$	0	$3\frac{1}{11}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$

1) Beisp. 4. S. Seite 29. 2) Vergl. Fussnote S. 24.

Zone. Buchst.: . . . . .	1c:	1b:	1e:	$\varphi \cdot 1$	$q \cdot 1$	$a^1$
Allgem. Symbol $G_2$ : . . . . .	$-2\frac{1}{5}$	$-2\frac{2}{7}$	$-2\frac{1}{2}$	$-2$	$-82$	$\infty 0$
Von gemeins. Anf. gezählt: . . .	$2\frac{1}{5}$	$2\frac{2}{7}$	$2\frac{1}{2}$	2	28	0 $\infty$
$\frac{q+1}{3}$ . . . . .	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{1}{2}$	1	3	$\infty$

Die Zahlenreihe zeigt zwischen  $\varphi \cdot$  und  $p \cdot$  den Zahlencharakter der Hälfte einer symmetrischen Reihe. Nicht  $p \cdot \varphi \cdot$  sind die Endknoten, sondern  $\varphi \cdot \varphi \cdot$ , zwischen denen das Zonenstück sich symmetrisch spannt. Das Projectionsbild lässt das Gleiche erkennen.  $\frac{2}{31}$  für  $H$  ist eine so complicirte Zahl, auch die Spaltung macht sie nicht einfach, dass ich sie trotz der Autorität Strüver's für unsicher oder nicht typisch halte. Gehört sie einer typischen Form an, so wäre wohl  $\frac{1}{15}$  statt  $\frac{2}{31}$  zu setzen. Wir schreiben die Reihe zwischen  $\varphi \cdot \varphi \cdot$  in der Form  $\frac{1}{3}(q+1)$  an unter Weglassung von  $\frac{2}{31}$ .

$\varphi \cdot$	$e:$	$\lambda$	$\alpha:$	$N:$	$p \cdot$	$N:$	$\alpha:$	$\lambda$	$e:$	$\varphi \cdot$
1 . . .	$\frac{1}{2}$ .	$\frac{3}{7}$ $\frac{2}{5}$ $\frac{1}{3}$ .	$\frac{1}{4}$ .	$\frac{1}{5}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{7}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{9}$ 0	$\frac{1}{9}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{7}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{9}$ .	$\frac{1}{4}$ .	$\frac{1}{3}$ $\frac{2}{5}$ $\frac{3}{7}$ .	$\frac{1}{2}$ . . .	1	
$\frac{4-v}{4+v}$ 0 . . .	$\frac{1}{3}$ .	$\frac{2}{5}$ $\frac{3}{7}$ $\frac{1}{2}$ .	$\frac{3}{5}$ .	$\frac{2}{3}$ $\frac{5}{7}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{9}$ $\frac{4}{5}$ 1	$\frac{5}{9}$ $\frac{7}{8}$ $\frac{4}{5}$ $\frac{7}{8}$ $\frac{5}{9}$ .	$\frac{5}{3}$ .	2 $\frac{3}{5}$ $\frac{5}{7}$ .	3 . . .	$\infty$	
$N_5 = 0$	$\frac{1}{5}$ $\frac{1}{7}$ $\frac{2}{7}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{3}{5}$ $\frac{2}{7}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{4}{7}$ $\frac{3}{5}$ $\frac{2}{7}$ $\frac{5}{3}$ .	$\frac{4}{5}$ 1 $\frac{5}{4}$ .	$\frac{4}{5}$ $\frac{7}{5}$ $\frac{3}{5}$ $\frac{8}{5}$ $\frac{5}{7}$ $\frac{7}{4}$ 2	$\frac{7}{5}$ $\frac{5}{3}$ 3 $\frac{7}{2}$ 4 5 $\infty$						
$N_4 = 0$	$\frac{1}{4}$ .	$\frac{1}{3}$ .	$\frac{2}{5}$ .	$\frac{1}{2}$ .	$\frac{3}{5}$ .	$\frac{2}{3}$ .	1 . . .	$\frac{4}{3}$ .	$\frac{3}{2}$ .	$\infty$

Die Reihe liegt zwischen  $N_4$  und  $N_5$ . Wir spalten bei 1 und erhalten :

$\varphi$	$e:$	$\lambda$	$\alpha:$	$N:$	$p \cdot$
$\frac{v}{4-v}$	0	$\frac{1}{2}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{3}{4}$	1	$\frac{3}{2}$	2 $\frac{5}{2}$ 3 $\frac{7}{2}$ 4 $\infty$
$\frac{v}{4+v}$	0	1 2 3 $\infty$	0	$\frac{1}{2}$ 1 $\frac{3}{2}$ 2 $\frac{5}{2}$ 3 $\infty$	
$v-1, \frac{v}{4-v}$	0	1 2 $\infty$	0	1 $\infty$	0 $\frac{1}{2}$ 1 $\frac{3}{2}$ 2 $\infty$

Jetzt sind alle Stücke ungestört, die Zerlegung in freie Theile ist vorgenommen. Wir finden als Knoten resp. verstärkte Punkte der Reihe nach  $\varphi \cdot p \cdot \lambda e: \alpha:$ . Sie melden sich als Dominanten (4), bei denen zu spalten ist. Die Ursache der Verstärkung ist im Projectionsbilde Taf. 8 deutlich zu sehen. Es ist das Einschneiden der wichtigen Radialzonen und zwar  $cb$  bei  $\varphi \cdot$  und  $p \cdot$ ,  $ca$  bei  $\lambda$ ,  $c\beta$  bei  $e:$   $\alpha:$ .

**Rangordnung der Dominanten (Knoten)** (vergl. S. 34). Die Reihenfolge der Ausscheidung als Dominanten, damit verbunden die Ausdehnung und der Formenreichtum des beherrschten Zonenstückes, lässt die relative Bedeutung der Punkte erkennen. Wir finden für obige Zone des Eisenglanz folgende Rangordnung der Dominanten:

$$\varphi \cdot p \cdot \lambda e: \alpha: .$$

**Weitere Kritik der Reihen durch Spaltung.** Wir haben in der Spaltung der Zone in freie Stücke ein Mittel, die Symbole auf ihre Wahrscheinlichkeit zu prüfen. Treten zwischen den normalen Zahlen nach der Spaltung und Redaction abnormale auf, so ist das ein Wink, nach dem Grund der Abnormität zu sehen, und, wenn sich keiner zeigt, die Sicherheit der Beobachtung zu untersuchen. Den Gang möge folgendes Beispiel beleuchten:



## Beispiel 5. Topas (Index 3, 223).

Buchst.:	a	f	ζ	N	M	O	m	λ	r	L	l	u	π	g	n	μ	b
Symbol:	∞0	6∞	4∞	2∞	∞	∞ $\frac{6}{5}$	∞ $\frac{3}{2}$	∞ $\frac{7}{4}$	∞ $\frac{13}{7}$	∞ $\frac{15}{8}$	∞2	∞ $\frac{11}{5}$	∞ $\frac{5}{2}$	∞3	∞4	∞5	0∞
Zahlen:	∞	6	4	2	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{7}{13}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	0
Spaltung:	∞	5	3	4	0	∞5	2	$\frac{4}{3}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{8}{7}$	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	0
Spaltung:	—				∞	4	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	0	∞	5	2	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$

Als abnorme Zahlen mit Rücksicht auf die schwache Entwicklung der freien Stücke und das Fehlen der Uebergänge erscheinen: 4, 5,  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{7}$ , zu den Formen f, O, r, L, u gehörig. Dieses Anzeichen veranlasst, da ein Grund der Abweichung sich nicht erkennen lässt, eine Prüfung dieser Formen, ob sie sicher und ob sie typisch (nicht vicinal) sind. Dabei zeigt sich Folgendes:

f = 6∞ Kok'scharow (Sohn), diese Zeitschr. 1888, 13, 206. Unter den Winkeln für die neuen Formen S. 207 tritt 6∞ (640) nicht auf.

O = ∞ $\frac{6}{5}$  Grünhut, diese Zeitschr. 1877, 1, 297. Grünhuts Angaben sind unzuverlässig (vgl. Index, 3, 228).

Feist, diese Zeitschr. 1887, 12, 435. Nur eine Fläche beobachtet. Keine Angaben über Flächenbeschaffenheit.

r = ∞ $\frac{13}{7}$  Bertrand, diese Zeitschr. 1877, 1, 297. Kurze Notiz u = ∞ $\frac{11}{5}$  ohne Figur und ohne Angabe über Flächenbeschaffenheit.

L = ∞ $\frac{15}{8}$  Groth, Jahrb. Min. 1866, 208. Nach Figur und Beschreibung offenbar eine Vicinale zu l = ∞2.

Scheiden wir diese Formen als der Bestätigung bedürftig aus, so bleiben folgende:

	a	ζ	N	M	m	λ	l	π	g	n	μ	b
Symbol:	∞0	4∞	2∞	∞	∞ $\frac{3}{2}$	∞ $\frac{7}{4}$	∞2	∞ $\frac{5}{2}$	∞3	∞4	∞5	0∞
Zahlen:	∞	4	2	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	0
Spaltung:	∞	3	4	0	∞2	$\frac{4}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	0
Spaltung:				∞	4	$\frac{1}{3}$	0	∞	2	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$

Die Entwicklung geht dann in den freien Stücken nicht über  $N_3$  hinaus, 3 zeigt sich bei ζ, λ, μ. Von diesen ist unter den vielen gemessenen Topasen ζ nur an einem Krystall schmal, wenn auch mit allen Flächen beobachtet (Bücking, diese Zeitschr. 1887, 12, 429). λ μ sind ebenfalls selten und schwach entwickelt, so dass sogar die Sicherheit zu wünschen übrig lässt. Wir finden:

λ = ∞7 Groth, Ztschr. d. deutsch. geol. Ges. 1870, 22, 397, nur einmal ganz schmal. Approx. Messung.

Laspeyres, diese Zeitschr. 1877, 1, 349, annähernde Messung.

Bücking, diese Zeitschr. 1887, **12**, 435, als Vicinalfläche auf  $l$ .

$\mu = \infty^5$  Groth, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1870, **22**, 397, nur einmal approx. Messung möglich.

Hankel, Abh. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1870, **9**, 369, führt  $\infty P^5$  (?) an.

Die minimale Entwicklung von  $\zeta, \lambda, \mu$  zeigt, dass wir mit 3 an der Grenze der Complication angelangt sind, und macht die höheren Zahlen noch unwahrscheinlicher.

Wir haben durch die Spaltung gefunden, welche Formen einer Bestätigung bedürfen, zugleich fanden wir die Rangordnung der Formen dieser Zone, nämlich:

$$M b l a; g m n \pi N; \zeta \lambda \mu;$$

ausserdem unsicher:  $\{O r u L$ .

Diese Rangordnung stimmt mit der Beobachtung in Bezug auf Häufigkeit und Ausdehnung. Nur die Pinakoide  $ab$  haben einen mit der Erfahrung nicht ganz übereinstimmenden Vorzug.

**Schwanken zwischen zwei Dominanten.** Oesters haben zwei Punkte gleichen Anspruch, als nächste Dominante zu gelten, indem beim Spalten nach jedem derselben die Zahlen gleich einfach werden. Z. B. Topas  $ML$ . Beide sind dann als nahezu gleichwerthig anzusehen. Das Weiterspalten bringt in beiden Fällen die gleichen niederen Dominanten.

**Revision der Krystallformen.** Bei Ausarbeitung des Index wurde bereits der Verlauf der Zahlenreihen benutzt, um Fehler zu finden (vgl. Calcit **1**, 378 u. a.). Doch liefern die gesammelten Zahlen erst das Material für die Gesetze, die zur Kritik dienen können. Auch war das Verfahren der Discussion durch Spaltung noch nicht gefunden. Eine Revision der Formenreihen mit den neuen Mitteln würde klärend wirken und manches Interessante zu Tage bringen.

## II. Beitrag zur Syngonielehre.

Von

E. von Fedorow in Moskau.

(Hierzu 7 Textfiguren.)

---

Der Begriff der Syngonie ist schon von manchen älteren Autoren, z. B. von V. v. Lang in seinem Lehrbuche der Krystallographie, scharf genug präcisirt worden. — Auch ist derselbe Begriff in A. Brezina's Methodik der Krystalbestimmung genau definirt. Das Wort selbst wurde sehr glücklich von Ch. Soret in seiner »Crystallographie physique« eingeführt, und ich habe dasselbe von dort entnommen und seitdem in meinen sämtlichen Arbeiten in seiner strengen Bedeutung gebraucht.

Das Wort »Syngonie« soll eine nähere Uebereinstimmung zweier Krystallflächen- (resp. Kanten-)Complexe bedeuten; können wir zwei solcher Complexe durch ein festes Merkmal von einander unterscheiden, so haben wir zwei verschiedene Syngoniearten vor uns. Dieser Begriff ist es, welcher der natürlichen Eintheilung der Krystalle in Gruppen zu Grunde liegen muss; und wenn wir fast bis zum jetzigen Moment eine Auseinandersetzung resp. eine Nichtübereinstimmung bei verschiedenen Spezialisten treffen, so kommt dies, meiner Ansicht nach, ausschliesslich davon, dass dieser Grundbegriff nicht tief genug eingewurzelt ist. Man bezeichnet gewöhnlich die Haupteintheilungen der Krystallographie durch das Wort »Krystallographische Systeme«; was aber unter einem Systeme zu verstehen sei, bleibt nicht ganz eindeutig und klar. Abgesehen davon, dass dieses Wort mit einem nicht ganz streng definirten Begriffe verbunden ist, leidet dasselbe auch an einem anderen Mangel und kann leicht Anlass zu Verwechselungen geben. Bekanntlich ist es ein vollkommen festgestelltes Resultat der Symmetriellehre, dass es eine unendlich grosse Anzahl verschiedener Symmetriearten giebt, welche sich ganz streng und einfach in besondere geometrische Symmetriesysteme gliedern lassen. Solcher Systeme giebt es wieder unendlich viele. Alle diese Systeme lassen sich

nämlich in drei besondere reguläre Systeme, deren Symmetrieaxen diejenigen der regelmässigen Polyëder sind, und eine unendliche Reihe anderer Systeme, welche durch das Vorhandensein einer  $p$ -zähligen (wo  $p$  eine ungerade Zahl ist) und einer  $2p$ -zähligen Symmetrieaxe resp. Axe der zusammengesetzten Symmetrie charakterisirt sind, gliedern.

Das erste reguläre System ist das tetraëdrische. Seine Symmetrieaxen sind die des Tetraëders. Hierzu gehören zwei Symmetriearten: a) die (hexakis-)tetraëdrische und b) die tetartoëdrische (trigonal-pentagonoëdrische)<sup>1)</sup>.

Das zweite reguläre System ist das kubooktaëdrische. Seine Symmetrieaxen resp. Axen der zusammengesetzten Symmetrie sind die des Würfels und des Oktaëders, und zwar ist für dasselbe das Vorhandensein dreier zu einander senkrechter vierzähliger Symmetrieaxen resp. Axen der zusammengesetzten Symmetrie charakteristisch. Hierzu gehören die Symmetriearten: a) die (hexakis-)oktaëdrische, b) die gyroëdrische (tetragonal-pentagonoëdrische) und c) die (dyakis-)dodekaëdrische.

Das dritte reguläre System ist das dodekaëdrisch-ikosaëdrische. Seine Symmetrieaxen sind die des Dodekaëders und des Ikosaëders. Hierzu gehören zwei Symmetriearten: a) die (hexakis-)ikosaëdrische und b) die pentagonal-pentagonoëdrische.

Ausser diesen drei Systemen giebt es, wie gesagt, noch eine unendliche Anzahl Reihensysteme.

Einem  $2p$ -gonalen System gehören  $12$  Symmetriearten an, und zwar:

- 1) die  $p$ -gonal pyramidale,
- 2) -  $di\ p$ -gonal - ,
- 3) -  $p$ -gonal bipyramidale,

1) In den Elementen der Gestaltenlehre des Verfs. ist die Formel angegeben (diese Zeitschr. **21**, 684), nach welcher sämtliche typische Isoëder (also auch die einfachen Figuren der Krystallographie) abgeleitet werden können (nach derselben Formel sind aber auch die zu denselben correlativ-reciproken subtypischen Isogone abzuleiten). Für die pentagonalen Isoëder (d. h. die, deren Flächen Pentagone sind) gilt die Formel:

$$n = \frac{2}{\frac{1}{i} + \frac{1}{j} + \frac{1}{k} + \frac{1}{l} + \frac{1}{m} - \frac{3}{2}},$$

wo  $n$  die Anzahl der Flächen, und  $i, j, k, l$  und  $m$  die Kantenanzahl der Gonoëder bedeutet. Diese Formel führt zu drei Fällen als allein möglichen:

- 1)  $i = j = k = l = 3$ ;  $m = 3$ ;  $n = 12$ . Dazu gehört das trigonale Pentagonisoëder (Tetartoëder).
- 2)  $i = j = k = l = 3$ ;  $m = 4$ ;  $n = 24$ . Dazu gehört das tetragonale Pentagonisoëder (Gyroëder).
- 3)  $i = j = k = l = 3$ ;  $m = 5$ ;  $n = 60$ . Dazu gehört das pentagonale Pentagonisoëder.

Alle drei bilden somit eine natürliche abgeschlossene Reihe.



- 4) die  $p$ -gonal trapezoëdrische,
- 5) - *di*  $p$ -gonal bipyramidale,
- 6) -  $2p$ -gonal pyramidale,
- 7) - *di*  $2p$ -gonal - ,
- 8) -  $2p$ -gonal deltoëdrische (Hauptaxe ist eine  $2p$ -zählige Axe der zusammengesetzten Symmetrie; ist  $p = 3$ , so ist die allgemeine Figur ein Rhomboëder, also nur eine specielle Form des Deltoëders),
- 9) die  $2p$ -gonal bipyramidale,
- 10) -  $2p$ -gonal trapezoëdrische,
- 11) -  $2p$ -gonal skalenödrische,
- 12) - *di*  $2p$ -gonal bipyramidale.

Ist  $p$  eine gerade Zahl, so entspricht dem ein  $2p$ -gonales System mit nur sieben Symmetriearten, welche die Glieder 6—12 der eben angegebenen Reihe umfassen.

Endlich speciell für das digonale System ist die Anzahl der zugehörigen Symmetriearten etwas geringer, und zwar gehören diesem einfachsten Systeme folgende acht Symmetriearten an :

- 1) das hemipinakoidale,
- 2) - pinakoidale,
- 3) - hemiprismatisch axiale (sphenoidische),
- 4) - hemiprismatisch axenlose (domatische),
- 5) - rhomboprismatische,
- 6) - rhombosphenödrische (bisphenoidische),
- 7) - rhombopyramidale,
- 8) - rhombobipyramidale.

Dieses allgemeine Resultat ist allen Denjenigen wohl bekannt, welche sich der Elemente der Gestaltenlehre bemächtigt haben <sup>1)</sup>, und ist bei den elementaren Darstellungen der Krystallographie fast unumgänglich.

In Anwendung auf die Krystallographie, wenn man den Satz berücksichtigt, nach welchem hier nur 2-, 3-, 4- und 6-zählige Symmetrieaxen resp. Axen der zusammengesetzten Symmetrie möglich sind, findet man, dass in den Krystallen nur folgende geometrische Systeme vertreten sind: a) das tetraëdrische, b) das kubooktaëdrische, c) das digonale, d) das tetragonale und e) das hexagonale. Fragen wir aber, ob diese geometrischen Systeme den natürlichen Krystallgruppen entsprechen, so erhalten wir die einstimmige Antwort, dass dies nicht der Fall ist. Alsdann haben wir aber kein Recht, von krystallographischen Systemen zu reden, sonst

1) Dieses Resultat ist schon in den bekannten Werken Hessel's enthalten. Im J. 1883 wurde dasselbe vom Verf. in seinen Elementen der Gestaltenlehre der k. mineral. Gesellsch. zu St. Petersburg vorgelegt und unabhängig davon 1884 von Hrn. Curie veröffentlicht.

verfallen wir in grelle Zweideutigkeit, welche von allen exacten Wissenschaften aufs sorgfältigste vermieden wird.

Das Princip der Theilung der Krystalle in natürliche Gruppen ist ein ganz anderes als das der reinen Geometrie, für welche die grösste Zähligkeit der Symmetrieaxen einer Gruppe massgebend ist. Für Krystalle ist dieses Princip das der natürlichen Eintheilung der Flächen- (resp. Kanten-) Complexe. Dieses Princip führt uns aber zur Theilung nach Sygoniearten.

In einer früheren Notiz<sup>1)</sup> versuchte der Verf., dieses Princip consequent durchzuführen.

Jetzt soll ein Schritt weiter gegangen, und die Sygoniearten einem näheren Studium unterworfen werden. Das, wie mir scheint, sehr wichtige Resultat, zu welchem diese Studie geführt hat, bewog mich, mit diesem Beiträge an die Oeffentlichkeit zu treten.

Zuerst erlaube ich mir eine Notiz<sup>2)</sup> hier in extenso zu reproduciren, welche schon 1888 in russischer Sprache publicirt worden ist; in derselben werden diejenigen Grundfragen erörtert, welche mit der Eintheilung der Krystalle nach Sygoniearten eng verknüpft sind.

»Unter einer orthogonalen (Flächen- resp. Kanten-) Zone verstehe ich eine solche, in welcher ein Paar zu einander senkrechter Flächen (resp. Kanten) vorhanden ist.

»Es werde zuerst eine Kantenzone, d. h. eine mögliche Krystallfläche, in Betracht gezogen, und auf dieselbe einer der zwölf bekannten analytischen Ausdrücke für das Grundgesetz der geometrischen Krystallographie angewendet, und zwar<sup>3)</sup>:

$$\frac{\sin (r r'')}{\sin (r' r'')} : \frac{\sin (r r''')}{\sin (r' r''')} = c. \quad (5)$$

»Hier bedeuten  $r$ ,  $r'$ ,  $r''$ ,  $r'''$  vier verschiedene Kanten einer und derselben Kantenzone (Krystallfläche), und  $c$  ist eine rationale Zahl.

»Ist die Zone orthogonal, so können wir zwei Kanten, etwa die Kanten  $r$  und  $r'$ , untereinander senkrecht nehmen und erhalten also dann:

$$\text{tang } (r r'') : \text{tang } (r r''') = c. \quad (6)$$

»Diese Gleichung zeigt uns, dass das Verhältniss der Tangenten zweier Winkel, welche von irgend zwei Kanten  $r''$  und  $r'''$  der Zone mit einer, derselben Zone zugehörigen, besonderen Kante  $r$

1) Diese Zeitschr. **24**, 605 ff.

2) Ueber orthogonale und isotrope Zonen. Verhandlungen der k. mineralogischen Gesellsch. zu St. Petersburg **25**, 56 ff. Kurz referirt in dieser Zeitschr. **17**, 647.

3) Zweite analytisch-krystallographische Studie. Kapitel III, Form. 6' und Kap. IV, Form 5'. Ref. diese Zeitschr. **21**, 700 ff.

(diese ist so ausgewählt, dass zu ihr in derselben Zone eine senkrechte Kante vorhanden ist) gebildet werden, ein rationales ist.

»Dasselbe Verhältniss erhalten wir natürlich auch für Flächenzonen, indem wir zu vier Flächen der Zone senkrechte Gerade  $r$ ,  $r'$ ,  $r''$  und  $r'''$  ziehen und die entsprechende Formel anwenden<sup>1)</sup>.

»Eine Zone, in welcher mindestens zwei Paare möglicher, untereinander senkrechter Flächen (resp. Kanten) vorhanden sind, bezeichne ich als eine isotrope.

»Für eine solche Zone können wir ausser  $r$  und  $r'$  auch  $r''$  und  $r'''$  zu einander senkrecht annehmen. In diesem Falle gilt aber noch ein anderes, aus der elementaren Trigonometrie bekanntes Verhältniss, und zwar

$$\tan(r'') \times \tan(r''') = -1.$$

Berücksichtigen wir dasselbe, so kommen wir zu:

$$\tan^2(r'') = c'. \quad (7)$$

»Hier bedeuten  $r$  und  $r''$  diejenigen zwei Krystallkanten der Zone, zu welchen in derselben noch zwei andere, auf ihnen senkrechte Kanten vorhanden sind;  $c'$  ist eine positive rationale Zahl.

»Erhebt man aber die Formel (6) ins Quadrat und berücksichtigt dabei, dass in derselben  $r'''$  eine beliebige Kante der Zone bedeutet (also im Allgemeinen eine zu  $r''$  nicht senkrechte), so erhält man durch Division derselben in (7) die Formel:

$$\tan^2(r''') = c'', \quad (8)$$

wo  $r'''$  eine beliebige Kante der Zone bedeutet. Daraus schliessen wir, dass in einer isotropen Kantenzone jeder beliebigen Kante eine mögliche, zu ihr senkrechte Kante zugeordnet ist.

»Dasselbe Resultat können wir natürlich wieder auf die Flächenzonen übertragen, indem wir für  $r$ ,  $r'$ ,  $r''$  und  $r'''$  die zu vier Flächen der Zone normalen Geraden annehmen.

»Es ist leicht einzusehen, dass in dem kubooktaëdrischen (resp. tetraëdrischen) System sämmtliche mögliche Zonen isotrop sind.

»Man weiss nämlich<sup>2)</sup>, dass für dieses System jede zu einer möglichen Kante senkrechte Ebene eine mögliche Krystallfläche ist; folglich giebt es in jeder durch diese Kante hindurchgehenden Kantenzone (Krystallfläche) nothwendig eine zu ihr senkrechte Kante; und auch umgekehrt giebt es in jeder Flächenzone, welcher die genannte Krystallfläche angehört, nothwendig eine zu derselben senkrechte mögliche Krystallfläche, und zwar diejenige, welche durch die gegebene Kante und durch die Zonenaxe hin-

1) Nämlich die Formel  $\frac{\sin(P'P'')}{\sin(P'P''')} : \frac{\sin(P'P''')}{\sin(P'P'')} = (pp'p''p''')$  (l. c. Form. 6).

2) l. c. Kapitel II, Formel (23 a) und (23 b').

durchgeht. Infolgedessen wäre die Benennung dieses Systems als eines isotropen sehr bezeichnend.

»In anderen Krystallsystemen sind nur diejenigen Zonen isotrop, deren Axen die Symmetriemaxen (resp. Axen der zusammengesetzten Symmetrie) von grösserer als Zweizähligkeit sind, also ausschliesslich die Hauptaxen des tetragonalen und hexagonalen Systems<sup>1)</sup>.

»Im rhombischen System sind keine isotropen Zonen vorhanden; die orthogonalen Zonen sind diejenigen, deren Axen in den Ebenen (100), (010) und (001) liegen. Im monoklinen System sind nur diejenigen Zonen orthogonal, deren Axen in der Fläche (010) liegen; endlich sind im triklinen System keine orthogonalen Zonen vorhanden (und a fortiori keine isotropen).

»Wenn von orthogonalen und isotropen Zonen die Rede ist, also von rechten Winkeln zwischen Flächen und Kanten, so versteht man natürlich darunter nur solche Winkel, welche nothwendig rechte sind, als Resultat des Vorhandenseins gewisser Symmetrieelemente, nicht aber zufällig rechte Winkel, welche z. B. in einem Krystall bei einer streng bestimmten Temperatur vorübergehend erscheinen können.«

Soweit die Notiz von 1888.

Aus derselben können wir direct die Antwort auf die jetzt uns interessirende Frage über Syngoniearten entnehmen, und zwar: 1) In der Krystallographie bildet das geometrische digonale System keineswegs eine natürliche Krystallklasse, da für verschiedene Symmetriearten dieses Systems die Krystallflächencomplexe verschieden sind.

Ich brauche nicht zu weit zu gehen, um den Beweis zu erbringen, dass in diesem System dreierlei Syngoniearten zu unterscheiden sind; den Symmetriearten 1) und 2) der oben gegebenen Tabelle gehört nämlich eine Syngonieart an, welche durch das vollständige Fehlen orthogonaler (also auch isotroper) Zonen charakterisirt wird. Diese Syngonieart wollen wir in üblicher Weise als eine triklone Syngonie bezeichnen. Den Symmetriearten 3), 4) und 5) gehören orthogonale Zonen an, deren Axen sämmtlich in einer einzigen Fläche (010) liegen; diese Syngonie ist die monokline. Endlich den Symmetriearten 6), 7) und 8) gehören orthogonale Zonen an, deren Axen in drei zu einander senkrechten Flächen (100), (010) und (001) liegen. Diese Syngonie bezeichnet man als die rhombische.

Nun folgen die beiden Systeme, das tetragonale und das hexagonale, welche beide durch das Vorhandensein einer isotropen Zone gekennzeichnet sind. Wären diese isotropen Zonen identisch, so hätten wir eine und die-

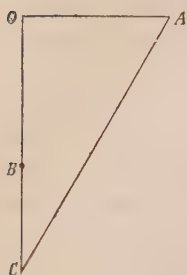
---

1) Es ist leicht einzusehen, dass auch für die isotropen Zonen dieser beiden Systeme die Gesetzmässigkeit gültig ist, nach welcher die zu Zonenflächen senkrechten Geraden mögliche Kanten sind. Dieses Resultat ist auch direct aus den in voriger Anmerkung citirten Formeln zu entnehmen.



selbe Syngonie vor uns. Nun aber ist sehr leicht zu beweisen, dass dies nicht der Fall ist. Bezeichnen wir von vornherein die isotrope Zone der

Fig. 4.



tetragonalen Syngonie als tetragonal-isotrope Zone und diejenige der hexagonalen Syngonie als hexagonal-isotrope Zone. Es seien (Fig. 4)  $OA$  und  $OB$  die Axeneinheiten für die erste Zone; dann sind dieselben natürlich gleich lang, also  $OA = OB$ ; dies können wir direct schliessen, indem in Betracht gezogen wird, dass die Hauptaxe  $O$  eine vierzählige Symmetrieaxe resp. eine vierzählige Axe der zusammengesetzten Symmetrie ist. Für die hexagonal-isotrope Zone müssen die Axeneinheiten  $OA$  und  $OC$  so genommen werden, dass der Winkel  $OAC$  gleich  $60^\circ$  ist; also  $OC = OA \cdot \sqrt{3}$ , und auch  $\tan OAC = OC : OA = \sqrt{3}$ .

Folglich gehören die Symmetriearten des tetragonalen und des hexagonalen Systems wirklich zu verschiedenen Syngoniearten, und wir müssen tetragonale und hexagonale Syngonie unterscheiden.

Jetzt bleiben noch das tetraëdrische und das kubooktaëdrische System zu betrachten. Natürlich unterscheiden sich die hierzu gehörenden Syngoniearten von allen anderen dadurch, dass sämtliche, ihnen zugehörnde Zonen isotrope sind. Nur entsteht die Frage, ob auch diesen beiden Systemen unter sich verschiedene Complexe entsprechen.

Da für die Bestimmung einer Zone drei ihr zugehörige Flächen resp. Kanten vollständig genügen, und von diesen alle anderen abgeleitet werden können, so ist auch für die Bestimmung einer Syngonieart nothwendig und hinreichend das Vorhandensein von vier Flächen (resp. Kanten), von welchen nicht je drei einer Zone angehören. Es ist also nothwendig und hinreichend, das Vorhandensein zweier gleicher Zonen in Betracht zu ziehen; giebt es zwei gleiche Zonen von gleicher Lage, so sind auch die ganzen Complexe identisch; das ist nun für die beiden genannten Systeme der Fall; für beide sind die hexagonal-isotropen Zonen identisch (weil sie die gleichen Lagen der Würfeldiagonalen besitzen). Dass auch die Zonen mit den Zonenaxen  $[400]$ ,  $[010]$  und  $[001]$  tetragonal-isotrope sind, ist für das kubooktaëdrische System unmittelbar ersichtlich; dass dies auch für das tetraëdrische System der Fall ist, sieht man daraus, dass denselben Zonen auch die Flächen des Rhombendodekaëders angehören.

Ausser den oben genannten Syngoniearten ist also nur noch eine einzige, und zwar die kubische Syngonie, vorhanden.

Die erste gestellte Frage ist somit abgeschlossen. Wie man sieht, ist bei dieser Gliederung des Krystallreiches schon keine Spur einer Willkür zurückgeblieben, und es sind keine anderen Syngoniearten oder sonstige Hauptgruppen der Krystalle zulässig.

Nun aber entsteht eine ganz neue Frage. Alle Zonen der kubischen Syngonie sind isotrope, aber nicht alle sind gleich. Wir haben schon unter ihnen die Zonen  $[100]$ ,  $[010]$  und  $[001]$  einerseits als tetragonal-isotrope, andererseits aber die Zonen  $[111]$ ,  $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$ ,  $[1\bar{1}\bar{1}]$  und  $[\bar{1}11]$  als hexagonal-isotrope unterschieden. Sind aber auch sämtliche andere Zonen in verschiedenartige Gruppen zu theilen? Aus sehr begreiflichen Symmetriegründen können wir direct schliessen, dass, wenn eine isotrope Zone existirt, deren Axenpol weder der Pol von  $[100]$ ,  $[111]$  und  $[110]$ , noch ein Pol ist, welcher auf den Seiten des von diesen drei Polen gebildeten sphärischen Dreieckes liegt, identische isotrope Zonen wenigstens in der Anzahl 48 vorhanden sein müssen. Wir können weiter gehen und behaupten, dass die Anzahl gleicher Zonen sogar viel grösser ist. In der That ist die dreizählige Symmetrieaxe die Axe einer hexagonal-isotropen Zone, und in Bezug auf die Complexfragen (also auch Syngoniefragen) kann dieselbe als eine sechszählige Symmetrieaxe betrachtet werden, d. h. der ganze Complex kommt bei der Drehung um diese Axe sechs Mal mit sich selbst zur Deckung, also werden auch die betrachteten 48 gleichen (und symmetrischen) isotropen Zonen dadurch in noch grösserer Anzahl zur Deckung kommen. Bei alledem ist aber die Vermuthung zulässig, dass eine unendlich grosse Anzahl verschiedenartiger isotroper Zonen vorhanden sind, und dass einer Anzahl gewisser Lagen Zonen von ganz bestimmter Bedeutung entsprechen würden.

Wodurch kann aber eine isotrope Zone bestimmt werden? Es sei  $O$  (Fig. 2) eine isotrope Axe,  $OA$  und  $OB$  ein Paar,  $OC$  und  $OD$  ein anderes Paar zu einander senkrechter Zonenflächen. Ziehen wir  $AB \parallel OC$  und  $A'B$  senkrecht dazu (also parallel  $OD$ ). Dann haben wir  $OB^2 = OA \cdot OA'$  oder  $OB = \sqrt{OA \cdot OA'}$ .  $OA$  und  $OA'$  sind aber Abschnitte auf einer und derselben Axe durch mögliche Flächen; sie sind also rational; man kann dieselben natürlich als zwei ganze Zahlen betrachten, und dann ist  $B = \sqrt{C}$ , wo  $c$  irgend eine ganze Zahl ist.

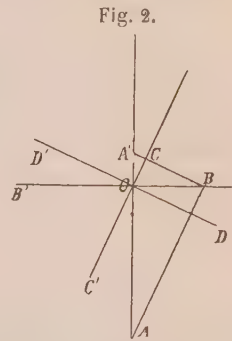


Fig. 2.

Man sieht leicht ein, dass das identische Resultat sich ergeben wird, wenn als krystallographische Axen  $OC$  und  $OD$  genommen werden, und  $OA$  und  $OB$  als irgend zwei zu einander senkrechte Zonenflächen. Somit sind wir zu dem sehr wichtigen Resultate gelangt, dass für jede isotrope Zone die Quadratwurzel einer ganzen Zahl charakteristisch ist.

Was ist dies für eine Zahl?

Um dies aufzuklären, betrachten wir eine zur Zone  $[r_1 r_2 r_3]$  gehörende Formel für die Tangente des Winkels zwischen zwei Zonenflächen. Sind

die Symbole dieser beiden Flächen  $(a_1 a_2 a_3)$  und  $(b_1 b_2 b_3)$ , so haben wir <sup>1)</sup>

$$\tan g(ab) = \frac{k \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2}}{a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3},$$

$k$  ist Polfactor und gleich  $\frac{a_2 b_3 - a_3 b_2}{r_1} = \frac{a_3 b_1 - a_1 b_3}{r_2} = \frac{a_1 b_2 - a_2 b_1}{r_3}$ .

Aus dieser Formel, welche unter allen anderen zugleich die bequemste für die praktische Ausführung der Berechnung ist, ersehen wir, dass  $\tan g(ab)$ , also das Verhältniss  $\frac{OB}{OA}$  (Fig. 2), gleich der Quadratwurzel einer ganzen Zahl, mit einem Proportionalcoefficienten versehen, ist.

Nehmen wir verschiedene Winkel zwischen verschiedenen Flächen derselben Zone, so bleibt die Quadratwurzel constant, und allein der Proportionalitätsfactor ändert seine Grösse. Diese Quadratwurzel ist also eben die charakteristische Zahl für die gegebene Zone.

Nun sehen wir aber, dass diese charakteristische Zahl auf's Einfachste mit dem Zonensymbol verbunden ist. Somit kommen wir zu dem weiteren, sehr wichtigen Schlusse, dass die für eine gegebene isotrope Zone charakteristische Zahl die Quadratwurzel der Summe aus den Quadraten der Indices dieser Zone ist. Dieselbe Zahl ist zugleich der Tangente des Winkels proportional, welchen irgend zwei Zonenflächen mit einander bilden.

Damit ist die Möglichkeit geboten, durch eine einzige Messung irgend zweier Flächen einer Zone sogleich die für dieselbe charakteristische Zahl zu finden. Aus dieser Zahl scheint die Möglichkeit vorzuliegen, auch die Indices dieser Zone zu berechnen. Ist diese Zahl  $\sqrt{z}$ , so erhalten wir nach Obigem:

$$\tan g \varphi = \frac{k}{l} \sqrt{z} \quad \text{oder} \quad \tan^2 \varphi = \frac{k^2}{l^2} z.$$

Die Zahl  $z$  wollen wir als den Parameter der Zone bezeichnen. Um aus der directen Messung diesen Parameter zu ermitteln, können wir dem gewöhnlichen Vorgange folgen, indem wir die Anwendung der Kettenbrüche zu Hülfe nehmen.

Es sei  $\tan^2 \varphi$  irgend eine Zahl  $a + \alpha$ , wo  $a$  eine ganze Zahl und  $\alpha$  ein Decimalbruch, z. B. mit sechs Stellen ist; also  $\alpha = \beta \cdot 10^{-6}$ ; so dividiren wir  $10^6$  durch  $\beta$  und erhalten dann eine ganze Zahl  $a_1$  und einen Rest  $\alpha_1$ ; dann dividiren wir weiter  $a_1$  durch  $\alpha_1$  und erhalten die ganze Zahl  $a_2$  und einen zweiten Rest  $\alpha_2$ ; indem wir so weiter verfahren, erhalten wir schliesslich eine Reihe von ganzen Zahlen  $a_1 a_2 \dots a_n$ , bis endlich kein Rest oder ein zu vernachlässigender Rest bleibt.

1) Vierte analytisch-krystallographische Studie. Kapitel I, Formel 14.

Dann ist

$$\alpha = \frac{1}{a_1 + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_n}}.$$

Diesen Kettenbruch können wir wieder in der Form eines gewöhnlichen Bruches ausdrücken, also  $\alpha = \frac{b}{c}$ ; ist  $c$  kein Quadrat, so multiplizieren wir den Zähler und den Nenner des Bruches durch eine solche ganze Zahl, dass der Nenner ein Quadrat wird, z. B. mit der Zahl  $d$ , dann erhalten wir

$$\alpha = \frac{bd}{cd}; \quad \text{also} \quad \tan^2 \varphi = \frac{k^2}{l^2} z = a + \frac{bd}{cd} = \frac{d(ac + b)}{cd}.$$

Daraus schliessen wir:  $cd = l^2$  und  $d(ac + b) = k^2 z$ .

Nun sieht man, dass es nur nöthig ist, die Division der Zahl  $d(ac + b)$  durch verschiedene Quadrate zu erproben, und dass der auf der rechten Seite der Gleichung bleibende Factor  $z$  der gesuchte Parameter der Zone ist. Ist die rechte Seite der Gleichung ein volles Quadrat, so ist dieser Parameter gleich 1. Nun ist leicht einzusehen, dass derselbe dann einer tetragonal-isotropen Zone entspricht, da für eine solche  $\tan \varphi = 1$ .

Wir kennen schon drei tetragonal-isotrope Zonen, und zwar [100], [010], [001]; für alle drei haben wir  $1^2 + 0^2 + 0^2 = 1$ . Die oktaëdrischen Axen sind die Axen der hexagonal-isotropen Zonen; für diese Zonen haben wir die Symbole [111], [ $\bar{1}$ 11], [1 $\bar{1}$ 1] und [11 $\bar{1}$ ]; für alle drei also  $1^2 + 1^2 + 1^2 = 3$ . Für sämtliche dodekaëdrische Axen, denen die Symbole [011], [101], [110], [0 $\bar{1}$ 1], [ $\bar{1}$ 01] und [ $\bar{1}$ 10] angehören, haben wir  $1^2 + 1^2 + 0 = 2$ . Die Axen dieser drei merkwürdigen isotropen Zonen, und zwar der tetragonalen, hexagonalen und digonalen, entsprechen ihrer Lage nach drei Eckpunkten eines elementaren sphärischen Dreiecks der kubischen Syngonie; für alle Punkte, welche innerhalb eines solchen Dreiecks liegen, können wir jedoch ganz andere Parameter erwarten, aber jedenfalls solche, welche aus drei Quadraten ganzer Zahlen zusammengesetzt sind.

Es entsteht also die neue Aufgabe der Bestimmung solcher Zahlen, welche die Summe dreier Quadrate ganzer Zahlen darstellen, und besonders wichtig ist, die Frage zu entscheiden, ob irgend eine solche Zahl nur auf eine oder auf verschiedene Weise aus Quadraten gebildet werden kann. Ist das erste der Fall, so entspricht wirklich jeder Axe einer isotropen Zone ein für dieselbe ganz eigenthümlicher und charakteristischer Parameter; sonst sind die Parameter zwei- oder mehrdeutig.

Bevor wir die Aufgabe in allgemeiner Weise behandeln, wollen wir zuerst einen speciellen, besonders wichtigen Fall besprechen, und zwar die Frage aufstellen, ob allein die Zonen [100], [010] und [001] tetragonal-isotrope sind, oder ob noch eine weitere Anzahl solcher Zonen existirt?



Jedes Mal, wenn der Parameter einer Zone gleich 4 (oder, was dasselbe ist, gleich einem vollen Quadrat) ist, ist die Zone tetragonal-isotrop. Wenn also das Zonensymbol  $[r_1 r_2 r_3]$  ist, und die Summe  $r_1^2 + r_2^2 + r_3^2$  gleich einem vollen Quadrate, so gehört die Zone hierzu. Ist  $r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 = c^2$ , so haben wir  $r_1^2 + r_2^2 = c^2 - r_3^2 = (c + r_3)(c - r_3)$ , bezeichnen wir noch  $(c - r_3)$  durch  $d$ , so erhalten wir noch  $r_1^2 + r_2^2 = d(d + 2r_3)$ .

Jedesmal also, wenn die Summe der Quadrate zweier Indices gleich ist dem Producte zweier Factoren, von welchen einer um eine gerade Zahl  $2r_3$  grösser ist als der andere, ist die Zone tetragonal-isotrop.

Nun können wir drei Fälle unterscheiden:

a) Die beiden Indices  $r_1$  und  $r_2$  sind gerade Zahlen  $2a$  und  $2b$ . Dann erhalten wir  $r_1^2 + r_2^2 = 4(a^2 + b^2) = 4 \cdot a \cdot b \cdot c \dots f$ , wo  $a, b, c \dots$  die einfachen Factoren der Zahl  $(a^2 + b^2)$  bedeuten.

Nun können wir aber schreiben

$$4 \cdot a \cdot b \cdot c \dots f = 2[2 + 2(a \cdot b \cdot c \dots f - 1)] = 2a[2a + 2(b \cdot c \dots f - a)] = 2ab[2ab + 2(c \dots f - ab)] = \dots$$

Sind also zwei Indices gerade Zahlen, so können wir auf sehr verschiedene Weise den dritten Index so auswählen, dass die Zone tetragonal-isotrop sein wird. Man sieht nämlich, dass der dritte Index gesetzt werden kann gleich  $a \cdot b \cdot c \dots f - 1$ , oder  $b \cdot c \dots f - a$ , oder  $c \dots f - ab$  u. s. w., und jedes Mal ist die Zone tetragonal-isotrop. Als den einfachsten Fall nehmen wir denjenigen, für welchen  $r_1 = r_2 = 2$ ; dann ist  $r_1^2 + r_2^2 = 8 = 4 \cdot 2 = 2(2 + 2 \cdot 1)$ ; der dritte Index kann also gleich  $+1$  oder  $-1$  sein. Alle Zonen also, deren Indices etwa  $[221]$ ,  $[212]$ ,  $[122]$ ,  $[\bar{1}22]$  u. s. w., sind tetragonal-isotrop<sup>1)</sup>.

b) Von beiden Indices  $r_1, r_2$  ist der eine eine gerade, der andere eine ungerade Zahl, bez.  $2a$  und  $b$ . Dann haben wir:

$$r_1^2 + r_2^2 = 4a^2 + b^2 = a \cdot b \cdot c \dots f.$$

Da aber  $4a^2 + b^2$  eine ungerade Zahl ist, so ist keiner von den einfachen Factoren  $a, b \dots$  gleich 2.

Nun aber können wir schreiben:

$$a \cdot b \cdot c \dots f = a(a + 2e) = a \cdot b(a + 2f) = a \cdot b \cdot c(a \cdot b \cdot c + 2g) \dots$$

wo  $2e = bc \dots f - a$ ,  $2f = c \dots f - ab$  u. s. f.

Ist also von beiden Indices nur einer eine gerade Zahl, so

---

1) Dieses Resultat konnte man von vornherein erwarten. Die oktaëdrische Axe ist, wie bekannt, eine hexagonal-isotrope, und in Bezug auf den Flächencomplex kann sie als eine sechszählige Symmetrieaxe angenommen werden. Nun aber deckt sich bei der Drehung um diese Axe um  $480^\circ$  etwa die Axe  $[100]$  mit der Axe  $[\bar{1}22]$ ; folglich muss die letztere ebenso tetragonal-isotrop sein.

können wir wieder auf sehr verschiedene Weise den dritten Index so auswählen, dass die Zone tetragonal-isotrop sein wird.

c) Kein Index ist eine gerade Zahl. Dann ist die Summe  $r_1^2 + r_2^2$  jedenfalls eine gerade Zahl. Nun aber müssen wir zwei Unterfälle unterscheiden, indem in dieser Zahl der Factor 2 nur ein Mal oder in mehrfacher Anzahl auftritt. Im zweiten Unterfalle hat man also u. a. den Factor 4; folglich kann man hier, wie in dem Falle a), auf sehr verschiedene Weise einen dritten Index so auswählen, dass die Zone tetragonal sein wird. Nur in dem ersten Unterfalle ist eine solche Auswahl nicht mehr möglich, da das Product von zwei ungeraden Zahlen keine gerade Zahl sein kann.

Folglich: Nur dann können wir zu zwei gegebenen Indices einer Zone keinen dritten Index so auswählen, dass die Zone tetragonal-isotrop sein wird, wenn die Summe der Quadrate beider Indices eine durch 4 nicht theilbare Zahl ist.

Betrachten wir noch einen ganz speciellen Fall, für welchen einer der Indices gleich Null ist. Eine solche Zonenaxe gehört einer der Flächen (100), (010) oder (001) an.

Ist ein Index gleich Null, so bleiben in der Summe der drei Quadrate nur zwei Glieder übrig. Ob also die hierzu gehörenden Zonen tetragonal-isotrope sein können, hängt davon ab, ob diese zweigliedrige Summe ein volles Quadrat ist oder nicht.

Die Frage besteht also darin, ob die Summe zweier voller Quadrate gleich einem einzigen vollen Quadrate sein kann. Nehmen wir an, dass dies der Fall ist, d. h.  $a^2 = b^2 + c^2$ , wo  $a$ ,  $b$  und  $c$  ganze Zahlen sind.

Ist dies der Fall, so haben wir

$$b^2 = a^2 - c^2 = (a + c)(a - c) = n(n + 2c), \text{ wo } n = a - c \text{ ist.}$$

Der Factor  $(n + 2c)$  muss durch  $b$  dividirt werden; also können wir annehmen  $n + 2c = k \cdot b$  und  $n = \frac{b}{k}$ . Folglich

$$\frac{n + 2c}{n} = 1 + \frac{2c}{n} = k^2 \quad \text{oder} \quad \frac{c}{n} = \frac{c}{a - c} = \frac{k^2 - 1}{2} = f$$

und endlich 
$$a = \frac{c(f + 1)}{f} = \frac{c(2f + 2)}{2f}$$

Hierin gehört  $f$  einer streng bestimmten Reihe von Zahlen an und zwar der Reihe  $\frac{3}{2}, \frac{8}{2}, \frac{15}{2}, \frac{24}{2}, \frac{35}{2}$  u. s. f. oder einer Reihe  $\frac{3}{2}, \frac{3+5}{2}, \frac{3+5+7}{2}, \frac{3+5+7+9}{2}$  u. s. f.

Da aber die Zahl  $a$  eine ganze ist, so muss  $c$  durch diese Zahl dividirt



Man sieht sehr leicht, dass jede Reihe aus der vorhergehenden durch Addition einer ungeraden Zahl erhalten wird, und diese zu addirenden Zahlen bilden eine arithmetische Progression 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. s. f.

Aus dieser Tabelle ersehen wir sogleich, dass manche zweifach quadratische Zahlen, wie 25, 50, 65, 85 u. s. f., auf zweifache Weise aus zwei Quadraten zusammengesetzt werden können.

Von diesen zweifachen ist leicht zu dreifach quadratischen Zahlen überzugehen, indem wir zuerst das Resultat der vorigen in eine Reihe schreiben und wieder einfach quadratische Zahlen addiren.

Diejenigen Zahlen, welche auf zweifache Weise zusammengesetzt werden können, werden einmal unterstrichen. Um aber die Wiederholung zu vermeiden, nehmen wir als Regel an, nur solche Quadrate zu zweifachen quadratischen Zahlen hinzuzufügen, welche entweder schon an der Zusammensetzung dieser Zahlen Theil nehmen oder nur die Quadrate grösserer Zahlen und keinenfalls kleinerer sind.

Auf diese Weise erhalten wir folgende Tabelle :

0	1	2	4	5	8	9	10	13	16	17	18	20	<u>25</u>	26	29	32	34	36
1	2	3																
4	5	6	8	9	12													
9	10	11	13	14	17	18	19	22			27							
16	17	18	20	21	24	25	26	29	32	33	34	36				48		
25	26	27	29	30	33	34	35	38	41	42	43	45	<u>50</u>	51	54	57	59	
36	37	38	40	41	44	45	46	49	52	53	54	56	<u>64</u>	62	65	68	70	72
49	50	51	53	54	57	58	59	62	65	66	67	69	<u>74</u>	75	78	81	83	85

Fassen wir diese einfachsten Glieder der Reihe der dreifach quadratischen Zahlen zusammen, so erhalten wir folgende Reihe, in welcher diejenigen Glieder, welche in zweifacher Weise zusammengesetzt werden können, einmal, und diejenigen, welche in dreifacher Weise zusammengesetzt werden können, zwei Mal unterstrichen worden sind :

1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 64, 65 u. s. f. <sup>1)</sup>.

Man sieht unmittelbar aus dieser Tabelle, dass mit Ausnahme von 9, 17 und 18 alle anderen bis auf 25 steigenden Parameter nur auf eine Weise aus drei Quadraten zusammengesetzt werden können. Ist also aus der

1) Aus dieser Reihe sind alle diejenigen Glieder wegzustreichen, in welchen ein volles Quadrat als ein Factor auftritt, also 4, 8, 9, 12, 16, 18, 20, 24, 25, 27, 32, 36, 40, 44, 45, 48, 49, 50, 52, 54, 56, 64 . . . Es bleiben also die Zahlen 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 13, 14, 17, 19, 21, 22, 26, 29, 30, 33, 34, 35, 37 . . .



Beobachtung einer von diesen Parametern erhalten, so finden wir direct und eindeutig das Symbol der Zone; sonst ist die Zone zwei- oder mehrdeutig, d. h. es giebt Zonen mit gleichen Parametern von verschiedener Lage. Nur rechte Winkel geben uns keinen Aufschluss, und das ist ja selbstverständlich, da in jeder isotropen Zone eine unendlich grosse Anzahl solcher Winkel vorhanden ist.

Nun wollen wir das Resultat an verschiedenen Beispielen prüfen. Nehmen wir z. B. die in dem Kapitel I der vierten analytisch-krystallographischen Studie angegebenen drei Beispiele.

1. Es ist der Winkel berechnet worden, welcher durch zwei in der oktaëdrischen Axe zusammentreffende Kanten einer Fläche (421) des Tetartoëders gebildet wird.

Dieser Winkel ist gleich  $113^{\circ}34'41''$  gefunden worden.

$$\log \tan g \ 66^{\circ}25'19'' = 0,360080; \text{ folglich}$$

$$\log \tan g^2 \ 66^{\circ}25'19'' = 0,720160 = \log 5,2500.$$

$5,2500 = 2\frac{1}{4}$ . Wir unterdrücken 4 als ein volles Quadrat, und es bleibt nur 21 = 3 · 7, welches durch kein Quadrat dividirt werden kann. Folglich ist diese Zahl der gesuchte Parameter der Kantenzone (Fläche). Nun sieht man aus der eben angegebenen Tabelle, dass diesem Parameter eine eindeutige Lösung und zwar  $4^2 + 2^2 + 1^2$  entspricht.

Folglich ist das gesuchte Symbol (421).

2. Es ist der Winkel berechnet worden, welcher von den beiden Flächen (142) und (421) gebildet wird; derselbe ist nämlich gleich  $48^{\circ}41'23''$  gefunden.

$$\log \tan g \ 48^{\circ}41'23'' = 0,048455$$

$$\log \tan g^2 \ 48^{\circ}41'23'' = 0,096910 = \log 1,2500.$$

$1,2500 = \frac{5}{4}$ . Der gesuchte Parameter ist wieder eine eindeutige Zahl, 5, und das gesuchte Symbol [210].

3. Es ist der Winkel zwischen den Flächen (421) und (201) berechnet und gleich  $46^{\circ}54'41''$  gefunden worden.

$$\text{Also } \log \tan g \ 46^{\circ}54'41'' = 0,028996$$

$$\text{und } \log \tan g^2 \ 46^{\circ}54'41'' = 0,057992 = \log 1,4429 = 1\frac{1}{7} = \frac{8}{7} = \frac{56}{49}$$

$56 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 7 = 2^3 \cdot 7$ . Also ist der gesuchte Parameter gleich 14, und derselbe ist wieder eindeutig. Folglich ist das gesuchte Symbol [123].

Diese Beispiele mögen genügen, zu zeigen, dass die Berechnung des Zonensymbols aus einem einzigen gemessenen Winkel nicht nur praktisch durchführbar, sondern auch ganz einfach ist.

Falls nur ein einziger Winkel gemessen wurde, ist damit das Symbol der Flächenzone eindeutig bestimmt, keineswegs aber die Symbole beider Flächen. Die letzte Bestimmung ist schon deswegen unmöglich, weil in der

Zone selbst der gleiche Winkel unendlich viele Male zwischen verschiedenen Zonenflächen vertreten ist.

Um also die Symbole der Flächen selbst zu bestimmen, ist es ganz unumgänglich (aber auch mehr als genügend), an dem Krystalle wenigstens drei gute Grenzflächen zu beobachten. Nehmen wir jetzt an, dass dies wirklich der Fall ist.

Bekanntlich erfolgt eine solche Messung am raschesten und genauesten mittels des Universalgoniometers. Justiren wir eine Fläche genau senkrecht zur mobilen Axe  $M$  des Goniometers, so ist etwa nur  $\frac{1}{4}$  Stunde nöthig, um drei Winkel abzulesen. Es seien drei Flächen  $a$ ,  $b$  und  $c$  der Messung unterworfen worden, und es sei der Winkel  $ab = 45^\circ$ , der Winkel  $ac = 30^\circ$  und der Zonenwinkel  $bac = 54^\circ 45'$ . Es sollen die Symbole aller drei Flächen berechnet werden.

Nun sieht man direct, dass die Zone  $ab$  tetragonal-isotrop ist; ihr Symbol ist also etwa  $[100]$ , die Zone  $ac$  ist hexagonal-isotrop; ihr Parameter ist 3, und ihr Symbol also  $[111]$ . Aus diesen Symbolen berechnen wir sogleich das Symbol der Fläche  $a$ , nämlich

$$\begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ \times & \times & \\ 1 & 1 & 1 \end{array} = 0\bar{1}1.$$

Da nun in der Zone  $ab$  das Symbol von  $a$  und der von beiden Flächen gebildete Winkel bereits bekannt sind, so können wir sehr leicht nach allgemeinen bekannten Zonenformeln auch das Symbol von  $b$  berechnen und finden etwa  $(100)$ . Ganz auf dieselbe Art berechnen wir das Symbol von  $c$  und finden etwa  $(2\bar{1}1)$ .

Nun aber steht uns noch der von den Zonen  $ab$  und  $ac$  gebildete Winkel  $54^\circ 45'$  zur Verfügung, und derselbe kann dazu dienen, das erhaltene Resultat zu verificiren. Es handelt sich also darum, den von den Zonen  $ab$  und  $ac$ , d. i. von den Zonen  $[001]$  und  $[111]$  gebildeten Winkel zu berechnen.

Für denselben haben wir also

$$\tan(bc) = \frac{\sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2}}{1.0 + 1.0 + 1.1} = \sqrt{2} = \tan 54^\circ 44' 48''.$$

Somit haben wir die Richtigkeit der gemachten Bestimmungen bestätigt.

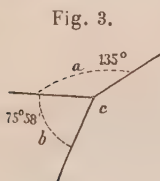
Auf diese neue Weise können wir natürlich auch Zwillinge berechnen. Besonders leicht geht die Berechnung vor sich, wenn die Zwillingfläche als eine Symmetrieebene auftritt, d. h. wenn die beiden in der Zwillingsebene zusammentreffenden Flächen gleichartige sind; dann bildet die Zwillingsebene mit einer der Grenzflächen genau die Hälfte des Winkels, welcher von beiden untereinander gebildet wird. Von den Symbolen der Flächen

selbst können wir absehen, aber natürlich sind dann zwei Messungen nöthig, um das Symbol der Zwillingsebene berechnen zu können. Nehmen wir zuerst ein sehr gewöhnliches Beispiel: die beiden Individuen eines Zwillings bilden einen einspringenden Winkel von  $250^{\circ}30'$ , also bildet die Zwillingsebene mit einer Grenzfläche den halben Winkel  $125^{\circ}15'$ ; der Normalenwinkel wird also  $54^{\circ}45'$  sein. Dieser Winkel ist uns schon bekannt; demselben entspricht der Parameter 2. Folglich ist das Symbol einer Zwillingskante  $[110]$ ; etwa dasselbe Symbol, d. h.  $(101)$  oder  $(011)$ , oder  $(\bar{1}01)$  und dgl., ist das Symbol der anderen Zwillingskanten; folglich ist das Symbol der Zwillingsfläche etwa

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 0 \\ \times & \times & \\ 1 & 0 & 1 \end{array} = 1\bar{1}\bar{1}.$$

Der Zwillings gehört also dem gewöhnlichen, allgemein bekannten Gesetze an.

Es giebt bekanntlich sehr complicirte polysynthetische Druckzwillinge<sup>1)</sup> des Bleiglanzes, welche dadurch bestimmt werden können, dass man zwei ebene, von einer Würfelkante mit den Tracen der Zwillingsebene auf den Würfelflächen gebildete Winkel misst, welche sich bekanntlich als  $135^{\circ}$  und  $75^{\circ}58'2)$  erweisen (Fig. 3).



Nun will ich zeigen, dass es dabei ohne Belang ist, dass die Zwillingstracen den Flächen des Würfels angehören; es können ebensogut andere Formen sein. Wir brauchen den von den Flächen  $a$  und  $b$  gebildeten Winkel nicht zu kennen, da die beiden ebenen

Winkel allein vollkommen genügen, um das Symbol der Zwillingsebene zu berechnen.

Für die Fläche  $a$ , welcher der Winkel  $135^{\circ}$  angehört, haben wir den Parameter 4, folglich ist das Symbol derselben  $(004)$ .

Für die Fläche  $b$ , welcher der Winkel  $75^{\circ}58'$  angehört, haben wir  $\log \tan^2 75^{\circ}58' = 1,204307 = \log 16,007$ , also sehr annähernd  $16 = 4^2$ .

Folglich ist das Symbol wieder dasselbe, etwa  $(400)$ . Die Symbole der beiden Flächen sind hierdurch ermittelt worden, und daher auch das Symbol der gemeinschaftlichen Kante  $[040]$ . Nun ist es sehr leicht, die Symbole der Kanten  $ac$  und  $bc$  zu berechnen, folglich auch das Symbol der Zwillingsfläche  $c$ .

Für die erste Kante erhält man  $[110]$ ; für die zweite  $[04\bar{1}]$ , also ist das Symbol der Zwillingsfläche

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 0 \\ \times & \times & \\ 0 & 4 & \bar{1} \end{array} = (\bar{1}14).$$

1) Solche Zwillinge habe ich z. B. von Herrn J. Muschketow aus Turkestan (aus Koisu) erhalten.

2) Vergl. z. B. Sadebeck's Angewandte Krystallographie 1876, S. 63.

Die vorhergehende Untersuchung hat uns gezeigt, dass die kubische Syngonie sich überhaupt mittelst einer einzigen Messung des Winkels zwischen zwei Flächen bestätigen lässt, und dabei zugleich das Symbol der Zone beider Flächen erkannt wird. Als einzige Ausnahmefälle gelten die, je in einer einzigen Zahl vertretene, tetragonal-isotrope Zone der tetragonalen Syngonie und hexagonal-isotrope Zone der hexagonalen Syngonie. Allerdings haben wir auch für diese zwei Fälle dieselben Zonensymbole (004) resp. (111)<sup>1</sup>). Natürlich ist das eben erhaltene Resultat auch auf die nicht eigentlich kubischen, sondern ihnen sehr nahe stehenden, sogenannten pseudokubischen Krystalle zu übertragen. Dort wie hier ist dasselbe nur für Symbole einfachster Art anwendbar, und dabei muss der gemessene Winkel ziemlich genau sein, weil sonst ein ziemlich kleiner Unterschied genügen wird, um ganz andere, nicht richtige Symbole zu ermitteln. Wenn wir z. B. anstatt einer ganzen Zahl  $a$  irrtümlicher Weise eine Zahl  $a + 1$  oder  $a - 1$  erhalten, so erhalten wir somit ein ganz anderes Symbol, welches mit dem richtigen nichts Gemeinschaftliches hat. Für diese Messungen sind also die bestentwickelten Flächen zu verwenden; glücklicher Weise gehören dieselben gerade zu denen, welchen das einfachste Symbol zukommt.

Nun haben bekanntlich manche namhafte Spezialisten die Vermuthung ausgesprochen, dass sämmtliche oder fast alle Krystallsubstanzen pseudokubisch seien. Jetzt besitzen wir ein ausgezeichnetes Mittel, diese Vermuthung an der Hand der directen Erfahrung zu prüfen. Man wird gleich sehen, dass die Erfahrung diese Vermuthung keineswegs bestätigt, sondern im Gegentheil derselben auf grellste Weise widerspricht. Dazu genügt es, je einen einzigen aus den am genauesten bestimmten Flächenwinkeln verschiedener Krystalle auf geometrische Isotropie zu prüfen. Wir wollen diese Prüfung an dem Zirkon, Beryll und Quarz ausführen.

Für Zirkon sind die Winkel  $95^{\circ} 40'$  und  $56^{\circ} 41'$  der Mittel- resp. der Polkante der Hauptbipyramide  $(111)_2$  charakteristisch.

Nun haben wir für die halben Winkel

$$\log \tan g 47^{\circ} 51' = 0,04302, \quad \text{also} \quad \log \tan g^2 47^{\circ} 51' = 0,08604 = \log 1,2191.$$

Diese Zahl kann mit genügender Genauigkeit mittelst des Kettenbruches

---

1) Bei der Anwendung einiger willkürlicher und trotzdem sehr gebräuchlicher Systeme von Symbolen für die hexagonale Syngonie wird auch für diese Zone ein anderes Symbol erhalten. Wenn wir aber nicht mit dem einzig möglichen rationalen Bezeichnungssystem (dem sogenannten Miller'schen) uns begnügen wollen, so verfallen wir überhaupt in grosse Verlegenheit, und dann ist überhaupt ein einheitliches Studium in dem Gebiete der Krystallographie unausführbar, sondern nur ein mehr oder weniger beschränktes Studium einiger Einzelheiten zulässig.



$$1 + \frac{1}{4 + \frac{1}{1 + \frac{1}{4 + \frac{1}{3 + \frac{1}{2 + \frac{1}{2}}}}}} = \frac{217}{178}$$

ausgedrückt werden. Man sieht, dass das Symbol viel zu complicirt für solche Flächen von einfachster Bedeutung ist.

Für den anderen Winkel haben wir

$$\log \tan^2 28^\circ 20\frac{1}{2}' = 1,463794 = \log 0,29094.$$

Und diese Zahl wird wieder durch den sehr complicirten Kettenbruch

$$\frac{1}{3 + \frac{1}{2 + \frac{1}{3 + \frac{1}{2 + \frac{1}{40}}}}} = \frac{149}{547}$$

ausgedrückt. Also auch hier können wir keineswegs die Zone durch ein einfaches Symbol ausdrücken.

Für Quarz haben wir als Winkel zwischen  $(100)_3$  und  $(111)_3$   $51^\circ 47'$ . Nun berechnen wir  $\log \tan^2 51^\circ 47' = 0,20762 = \log 1,6130$ , was sich wieder nur durch einen sehr complicirten Kettenbruch ausdrücken lässt, und zwar:

$$1 + \frac{1}{4 + \frac{1}{4 + \frac{1}{4 + \frac{1}{4 + \frac{1}{2 + \frac{1}{2 + \frac{1}{40}}}}}}}$$

Also besteht wieder die Unmöglichkeit, die so einfache Zone durch ein einfaches Symbol auszudrücken.

Für Beryll ist der analoge Winkel  $29^\circ 57' 1)$ . Nun haben wir  $\log \tan^2 29^\circ 57' = 1,52442 = \log 0,33499$ .

Diese Zahl können wir sehr annähernd für  $\frac{1}{3}$  halten, also auch  $\frac{3}{9}$ . Folglich ist der gesuchte Parameter 3, und wir erhalten das Symbol  $[111]$ .

Dieser Winkel ist aber ein ganz zufälliger, was sich schon dadurch beweisen lässt, dass die Zonenaxe mit dem gefundenen Symbol eine zur verticalen Axe (also zur Axe  $[111]$ ) senkrechte ist. Nun aber kann es keine

1) Diese Zeitschr. 21, 654.

Syngonieart geben, für welche zwei untereinander senkrechte hexagonal-isotrope Zonen vorhanden sind.

Für dieses Mineral ist aber sehr merkwürdig, dass die rationalen Tangentenquadrate auch vielen anderen Winkeln entsprechen, als ob dasselbe wirklich kubisch wäre. Der Neigungswinkel (111) zu (4 $\bar{2}$ 1) u. dgl. ist  $44^{\circ} 56'$ , also dem Winkel  $45^{\circ}$  sehr nahe. Ferner ist der Winkel zwischen (122) und (14 $\bar{2}$ ) u. dgl. gleich  $52^{\circ} 24' 20''$ , und  $\log \tan^2 52^{\circ} 24' 20'' = 0,22486 = \log 1,6667$ , ist also mit grosser Genauigkeit für  $4\frac{2}{3} = \frac{5}{3} = 1\frac{2}{3}$  anzunehmen. Nun ist aber zu bemerken, dass gerade dieser Parameter  $4\frac{2}{3}$  nicht in die Summe dreier Quadrate zerlegt werden kann. Folglich ist diese Zone keine mögliche, und also die betreffende Syngonie keine kubische oder pseudokubische, sondern eine hexagonale mit zufälligen Winkeln.

Wir haben noch ein anderes und sehr vollkommenes Mittel, um zu erkennen, ob die Syngonie wirklich eine kubische oder pseudokubische ist. Falls ein Krystall mit kubischer Syngonie irrtümlich für einen solchen von einer anderen Syngonie angenommen wurde, so bedeutet dies, dass für die den Complex bestimmenden Flächen nicht die Grundflächen (100), (010) (001) und (111), sondern irgend welche andere angenommen waren.

Daraus folgt, dass, wenn wir Transformationsgleichungen aufstellen, nach welchen die willkürlich ausgewählten Grundflächen ihre richtigen (gemäss der kubischen Syngonie) Symbole erhalten würden, wir mit Hülfe dieser Transformationsgleichungen zu richtiger Deutung der Flächen kommen. Diese Gleichungen ersten Grades haben bekanntlich lauter rationale Coefficienten. Dieselben Gleichungen sind aber zugleich die Projectivitätsgleichungen d. h. Gleichungen, welche uns zu projectiven Symbolen führen, und dann verfahren wir mit diesen Symbolen wie mit denen der kubischen Syngonie, d. h. wir wenden die einfachsten Formeln an.

In diesem Falle sind also die Projectivitätsgleichungen zugleich die Transformationsgleichungen. Folglich, falls ein Krystall kubische oder pseudokubische Syngonie besitzt, so sind die demselben angehörenden Projectivitätsgleichungen sämmtlich solche mit rationalen Coefficienten.

Für Beryll wurden die Projectivitätsgleichungen

$$p_0:p_1:p_2=5,0643\,p_0'-p':5,0643\,p_1'-p' \quad (p'=p_0'+p_1'+p_2') \\ r_0:r_1:r_2=2,0613\,r_0'-r':2,0613\,r_1'-r' \quad (r'=r_0'+r_1'+r_2')$$

berechnet <sup>1)</sup>, in welchen  $(p_0, p_1, p_2)$  die gewöhnlichen und  $(p_0', p_1', p_2')$  die projectiven Flächensymbole, ebenso wie  $(r_0, r_1, r_2)$  resp.  $(r_0', r_1', r_2')$  die Kantensymbole sind.

1) Diese Zeitschr. 21, 665.

Man sieht, dass eigentlich Beryll wirklich für ein pseudokubisches Mineral angenommen werden könnte, wenn man nur die Coefficienten so wesentlich vereinfacht, dass 5,0643 einfach durch 5 und 2,0643 einfach durch 2 ersetzt wird.

Dann würden die echten Flächen des Würfels diejenigen Flächen des Berylls, welche durch die Symbole  $(4\bar{4}\bar{4})$ ,  $(\bar{4}4\bar{4})$  und  $(\bar{4}\bar{4}4)$  ausgezeichnet sind. Natürlich sind aber diese Flächen untereinander nicht ganz genau rechtwinklig. Die Flächen  $(\bar{2}44)$  u. dgl. erhalten dann ziemlich complicirte Symbole  $(\bar{4}59)$  . . ., was also nicht naturgemäss erscheint.

Aus diesen wenigen Beispielen können wir also den Schluss ziehen, dass keineswegs alle Krystalle pseudokubisch sind. Es giebt aber Krystalle, bei welchen manche Winkel sich sehr denen der kubischen Syngonie nähern; solche Winkel sind aber als zufällige anzusehen, und ihre Anwesenheit kann keineswegs als Beweis dienen, dass der betreffende Krystall pseudokubisch ist<sup>1)</sup>. Um in diesen Fällen zu ganz sicherem Schlusse zu kommen, muss man auch einige andere Winkel in Betracht ziehen, besonders die Flächenwinkel einer und derselben Zone, da bei pseudokubischen Krystallen sämtliche Flächenwinkel einer und derselben Zone zu einem und demselben Parameter führen werden.

---

Nun wollen wir den Versuch machen, die allgemeine Syngonielehre auch für andere Syngoniearten anzuwenden.

Ist eine Zone nicht isotrop, so kann dieselbe entweder eine schiefe oder eine orthogonale sein. In dem letzteren Falle gehören derselben zwei rechtwinklige Flächen an. Gelingt es uns, solche zu finden, so liefern wir somit den Beweis, dass die Zone wirklich orthogonal ist.

Es entsteht also die Aufgabe, die Zonenart zu constatiren, resp. ein allgemeines Verfahren zu finden, nach welchem die orthogonalen Zonen von den schiefen unterschieden werden können.

Jede Zone überhaupt wird durch die Lage ihrer drei Flächen individuell bestimmt, was sofort aus dem Doppelverhältniss

$$\frac{\sin (14)}{\sin (24)} : \frac{\sin (13)}{\sin (23)} = c$$

zu ersehen ist, wo 1, 2, 3, 4 verschiedene Zonenflächen (in einer Kantenzone vier verschiedene Kanten) bezeichnen, und  $c$  eine rationale Zahl ist.

Aus dieser Gleichung finden wir weiter

---

1) Damit der Krystall als pseudokubisch gelten kann, ist es vor Allem nothwendig, dass seine bestentwickelten Flächen bei dieser Deutung die einfachsten Symbole erhalten, was aber für Beryll nicht der Fall ist.

$$\frac{\sin (12 + 24)}{\sin (24)} : \frac{\sin (12 + 23)}{\sin (23)} = \frac{\sin (12) \cos (24) + \cos (12) \sin (24)}{\sin (24)}$$

$$\{=[\cot (24) + \cot (12)] \sin (12)\} : \frac{\sin (12) \cos (23) + \cos (12) \sin (23)}{\sin (23)}$$

$$\{=[\cot (23) + \cot (12)] \sin (12)\} = c.$$

Folglich  $\cot (24) + \cot (12) = c [\cot (23) + \cot (12)]$ ,  
 oder endlich  $\cot (24) = c \cdot \cot (23) + (c-1) \cot (12)$ .

Sind also drei Flächen 1, 2 und 3 gegeben, so ist die Lage jeder anderen Zonenfläche 4 sehr einfach und leicht durch diese Formel zu bestimmen, indem man für  $c$  und  $c-1$  verschiedene rationale Zahlen nimmt. Um zu ganzen Zahlen überzugehen, können wir  $c-1$  gleich  $\frac{a}{b}$  setzen und dann die Gleichung durch  $b$  multipliciren. Dann erhalten wir die Gleichung in der Form:

$$(a + b) \cot (14) = a \cot (12) + b \cot (13).$$

Wenn also drei Flächen 1, 2 und 3 gegeben sind, so sind sämmtliche andere Zonenflächen dadurch bestimmt, und die Art der Zone kann ermittelt werden, ob dieselbe schief oder orthogonal sei (die isotropen haben wir schon bestimmt).

Auf welche Weise können wir aber solche Bestimmung im Allgemeinen durchführen?

Nehmen wir an, dass die vorliegende Zone orthogonal, und dass die Zonenfläche 4 so ausgewählt sei, dass sie zu einer anderen Zonenfläche 5 rechtwinklig ist. Bezeichnen wir der Kürze wegen  $a + b$  durch  $d$  und  $e + f$  durch  $g$ . Dann können wir schreiben:

$$\begin{aligned} d \cdot \cot (14) &= a \cdot \cot (12) + b \cdot \cot (13), \\ g \cdot \cot (15) &= e \cdot \cot (12) + f \cdot \cot (13). \end{aligned} \quad (A)$$

Da die Flächen 4 und 5 rechtwinklig sind, so haben wir

$$\cot (14) \cdot \cot (15) = -1,$$

$$\text{also} \quad \frac{[a \cdot \cot (12) + b \cdot \cot (13)] [e \cdot \cot (12) + f \cdot \cot (13)]}{d \cdot g} = -1$$

oder

$$a \cdot e \cdot \cot^2 (12) + (a \cdot f + b \cdot e) \cot (12) \cot (13) + b \cdot f \cdot \cot^2 (13) + d \cdot g = 0. \quad (B)$$

Da die Coefficienten dieser Gleichung sämmtlich ganze Zahlen sind, so schliessen wir aus derselben, dass das allgemeinste Verfahren bei der Constatirung einer orthogonalen Zone darin besteht, dass man drei irrationale Zahlen  $\cot^2 (12)$ ,  $\cot (12) \cdot \cot (13)$  und  $\cot^2 (13)$  schreibt, und drei so beschaffene ganze Zahlen aufsucht, durch deren Multiplication man solche Zahlen erhält, dass die Summe derselben wieder eine ganze Zahl ist.



Natürlich ist die Aufgabe auch dann gelöst, wenn die Summe nicht eine ganze, sondern eine rationale Zahl ist, d. h. ein Bruch; dann ist nur noch die ganze Gleichung durch dessen Nenner zu multipliciren.

Keine der Zahlen  $a, b, e, f$  kann gleich Null sein, da bei dieser Voraussetzung wir direct erhalten, dass ein rationales Verhältniss zwischen zwei Cotangenten existirt, und dieses Verhältniss beweist nach Obigem, dass eine der gegebenen Flächen zufällig eine solche ist, zu welcher eine ihr senkrechte Zonenfläche vorhanden ist. Ist aber dies der Fall, so brauchen wir keine weitere Constatirung der orthogonalen Zone. Dann bleibt uns die leichte Aufgabe übrig, zu entscheiden, welche von den gegebenen Flächen dazu gehört. Das Verfahren muss also damit beginnen, die Verhältnisse der Cotangenten zu bestimmen und zu prüfen, ob eines von diesen Verhältnissen rational sei, und dann ist die Aufgabe gelöst.

Da man aber für dieses Verfahren überhaupt die Flächen von sehr einfacher Bedeutung (die zugleich die bestentwickelten sind) verwendet, so kann man erwarten, dass in den meisten Fällen, wenn irgend drei Zonenflächen gegeben sind, wir ziemlich leicht zum Schlusse kommen können, ob die betreffende Zone orthogonal sei.

Ist aber selbst dies nicht der Fall, so können wir trotzdem ein einfacheres Verfahren finden, als das oben angegebene, indem wir von vornherein annehmen, dass die Zone orthogonal ist, und dann versuchen, diese Voraussetzung zu bestätigen.

Von den beiden gegebenen Zonenwinkeln (12) und (13) wählen wir einen einzigen aus, z. B. (12), (natürlich einen solchen, welcher am genauesten gemessen worden ist), stellen eine Reihe Voraussetzungen über den Winkel (14) oder (15) auf, wo 4 und 5 zwei senkrechte Zonenflächen sind, und verificiren diese Voraussetzungen durch das sehr einfache Verfahren des Dividirens zweier Cotangenten von (31) und (34) oder (32) und (34). Ist einmal solches Verhältniss als rational erwiesen, so ist die Aufgabe gelöst.

Um in leichtester Weise diese Reihe von Voraussetzungen aufzustellen, nehmen wir an, dass die Fläche 3 so ausgewählt ist, dass  $\frac{b}{d} = \frac{f}{g}$  oder  $bg = fd$  ist. Dividiren wir die erste Gleichung (A) durch  $d$  und die zweite durch  $g$ ; dann subtrahiren wir eine Gleichung von der anderen und bezeichnen der Kürze wegen  $\cot (12)$  durch  $x$ ,  $\cot (14)$  durch  $y$ ; dann ist  $\cot (15) = \frac{4}{y}$ ; endlich setzen wir noch  $\frac{a}{d} = a'$  und  $\frac{e}{g} = e'$ . Dann haben wir:

$$y + \frac{4}{y} = (a' - e') x.$$

Bezeichnen wir noch  $(a' - e')x$  durch  $2n$ , so haben wir:

$$y^2 + 4 = 2n \cdot y \quad \text{oder} \quad y = n \pm \sqrt{n^2 - 4}.$$

Aber dieses Verfahren ist in der angegebenen Weise noch unausführbar, da der Coëfficient eine rationale und keine ganze Zahl ist. Nehmen wir an, dass die Zahl  $a' - e' = \frac{k}{l}$  ist; dann ist  $\frac{k}{l}x = 2n$ , und folglich  $n = \frac{k \cdot x}{2l}$ , und  $n^2 = \frac{k^2 x^2}{4l^2}$ . Die letzte Lösung nimmt jetzt die Form

$$y = \frac{kx}{2l} \pm \sqrt{\frac{k^2 x^2}{4l^2} - 4} \quad \text{oder} \quad 2ly = kx \pm \sqrt{k^2 x^2 - 4l^2} \quad \text{an.}$$

Vom theoretischen Standpunkte aus ist die vorgestellte Aufgabe gelöst. Das Verfahren besteht darin, dass wir zwei irrationale Zahlen  $x$  und  $x^2$  aufstellen; dann nehmen wir eine Reihe von Zahlen  $k = +1, -1, +2, -2$  u. s. w. und finden jedesmal die Producte  $kx$  und  $k^2 x^2$ ; dann subtrahiren wir von dem letzteren eines der geraden vollen Quadrate  $4, 16, 36, 64$  u. s. w., berechnen jedesmal die Grösse  $y$ , d. h.  $\cot(14)$ , und constatiren durch einfache Division, ob  $\frac{\cot(14)}{\cot(34)}$  rational sei, bis wir dafür wirklich eine rationale Zahl erhalten.

In Wirklichkeit ist aber dieses Verfahren sehr mühselig und kann sehr grossen Zeitaufwand erfordern. Glücklicherweise ist dasselbe in den meisten Fällen nicht erforderlich, da am häufigsten wenigstens eine von zwei besonderen Zonenflächen vorhanden ist, und dann haben wir nur die Rationalität der Cotangentenverhältnisse zu prüfen.

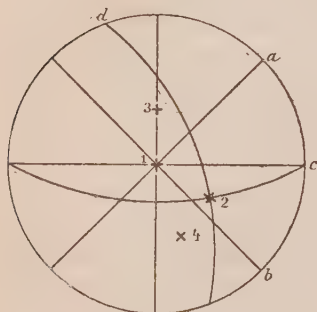
Jedenfalls ist die Möglichkeit vorhanden, zu entscheiden, ob die gegebene Zone orthogonal sei. Daraus können wir aber sehr wichtige Schlüsse über Syngonieverhältnisse des betreffenden Krystalles ziehen. Wir wissen nämlich, dass für die tetragonale und hexagonale Syngonie sämtliche Zonen orthogonal sind; für die rhombische Syngonie giebt es nur drei Kantenzonen, deren Kanten die Axen der orthogonalen Zonen sind; für die monokline Syngonie existirt nur eine einzige solche Kantenzone, und für die triklinische Syngonie keine.

Darauf fussend, können wir den Satz aufstellen, dass im Allgemeinen vier Flächen, von denen keine drei tautozonal sind, genügen, um zu entscheiden, ob die Syngonie des gegebenen Krystalles tetragonal, hexagonal, oder ob sie keine von beiden ist (also dem digonalen geometrischen Systeme angehört).

Nehmen wir an, es seien an einem Krystalsplitter nur vier gut entwickelte Flächen 1, 2, 3 und 4 (Fig. 4) vorhanden, von welchen keine drei tautozonal sind. Unter Anwendung des Universalgoniometers lässt sich diese Messung am einfachsten in zweifacher Aufstellung ausführen, indem

man zuerst die Fläche 1 und dann die Fläche 2 central (d. h. senkrecht zur mobilen Axe  $M$ ) aufstellt. Dann erhalten wir direct vier ebene Zonenwinkel, je zwei für jede Aufstellung, und zwar die von der Zone [12] mit [13] und von [12] mit [14], ferner die von der Zone [21] mit [23] und von [21] mit [24] gebildeten Winkel. Ausserdem werden dabei fünf Flächenwinkel (12), (13), (14), (23) und (24) bestimmt. Wir lassen aber die letzteren unberücksichtigt.

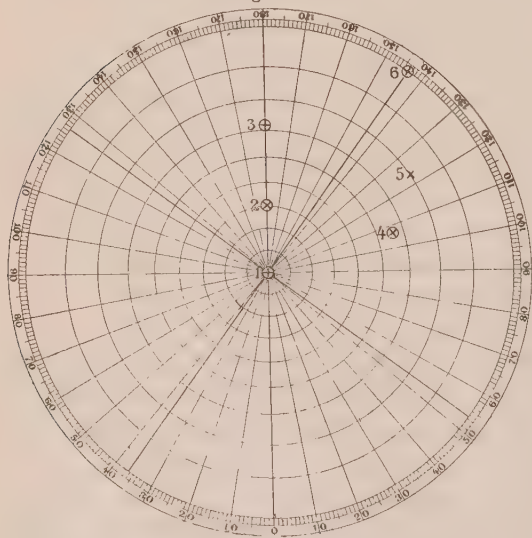
Fig. 4.



weist. Somit sind aber in jeder Zone je zwei besondere Kanten bestimmt d. h. die rechtwinkligen Kanten der Zone). Es seien für die Fläche 1 die Kanten 1 a und 1 b und für die Fläche 2 die Kanten 2 c und 2 d.

Ist der gemessene Krystall tetragonal oder hexagonal, so muss je eine von zwei besonderen Kanten zur Hauptaxe senkrecht sein (da sie in einer isotropen Fläche liegt). Folglich, berechnen wir sämtliche vier, von diesen besonderen Kanten (und zwar von einer jeden besonderen Kante einer Fläche mit beiden besonderen Kanten der zweiten Fläche) gebildete Winkel,

Fig. 5.



so muss einer dieser Winkel der isotropen Kantenzone angehören, und zwar der tetragonal oder der hexagonal isotropen Zone. Je nachdem erweist sich auch der Krystall als tetragonal oder hexagonal.

Je grösser die Zahl der gemessenen Winkel ist, um so leichter ist diese Aufgabe zu lösen. Wollen wir diese Theorie auf eine Reihe von mir ausgeführten Messungen <sup>1)</sup> anwenden.

Es waren an einem Krystallsplittchen fünf Grenzflächen vorhanden,

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 21, 657. In dieser Arbeit ist auch der Gang der Umzählung dargethan.

und die Messung geschah mittelst des Universalgoniometers, indem die Fläche 1 auf den Punkt  $A = 0^0 0'$  (d. h. central oder senkrecht zur mobilen Axe  $M$ ) und die Zone der Flächen 1, 2 und 3 in die Lage  $\alpha = 0^0 0'$  gebracht wurde. Es erwies sich dabei:

Flächen-Nr.:	Rohe Beobachtung:		Umsählung:	
	$A$	$\alpha$	$A$	$\alpha$
1	$0^0 0'$	—	$0^0 0'$	—
2	29 55	$0^0 0'$	—29 55	$0^0 0'$
3	64 38	0 0	—64 38	0 0
4	303 20	253 4	—56 40	—73 4
5	289 57	236 51	—70 3	—56 51

In der Zone [123] besitzen wir also drei Flächen, und man wird sofort sehen, dass die Fläche 3 eine besondere ist. In der That ist der Winkel (13) =  $61^0 38'$  und der Winkel (23) =  $34^0 43'$ . Man findet sehr leicht, dass  $\tan(61^0 38') : \tan(34^0 43') = 2,9968$ , also fast genau gleich 3 ist.

Ausserdem haben wir eine Kantenzone (also Fläche) 1, und in derselben zwei Winkel [13] mit [14] und [13] mit [15]. Keine von diesen Kanten ist eine besondere, und nehmen wir an (der Weg wird etwas später gegeben), dass wir die besonderen Kanten gefunden haben, von welchen eine mit der Nullkante (13) den Winkel  $+ 53^0 27'$  bildet.

Es ist sehr leicht, dieses Resultat zu verificiren, da dieselbe Kante mit der Kante [14] den Winkel  $126^0 31'$  bildet. Nun aber ist  $\tan(53^0 24') : \tan(126^0 31') = -0,999$ , also sehr nahe der ganzen Zahl  $-4$ .

Die Pole der beiden, zu diesen Kanten senkrechten Flächen befinden sich natürlich auf dem äusseren Kreise der Projection, d. h. sie bilden mit dem Pol 1 einen rechten Winkel. Wählen wir von diesen beiden Polen den Punkt 6. Aus dem sphärischen Dreieck 136 berechnen wir sehr leicht<sup>1)</sup> den Winkel (36) und finden für denselben den Werth  $45^0 4'$ , also fast genau  $45^0$ . Die Zone ist also eine tetragonal-isotrope, also ist auch das zur Untersuchung genommene Krystallfragment tetragonal.

Jetzt will ich ein Paar Worte darüber sagen, nach welchem praktischen Verfahren sich die besonderen Zonenflächen, resp. die besonderen Zonenkanten, auffinden lassen, wenn (wie dies in dem angenommenen Beispiele der Fall ist) unter den unmittelbar gegebenen keine solchen vorhanden sind.

Kehren wir zu diesem Zwecke zurück zu der Formel

$$(a + b) \cot(14) = a \cdot \cot(12) + b \cdot \cot(13),$$

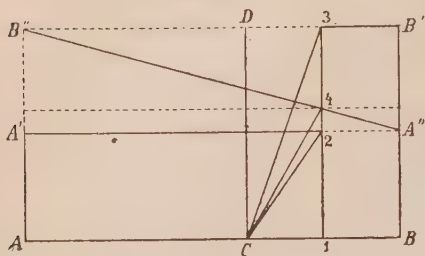
in welcher die Winkel und folglich die irrationalen Grössen  $\cot(12)$  und  $\cot(13)$  bekannt, und  $a, b$  ganze Zahlen sind.

<sup>1)</sup> Und zwar ist, da der Winkel (16) =  $90^0$ ,  $\cos(36) = \sin(13) \cdot \cos 36^0 33'$ .



Es sei  $C1$  die Einheit (Fig. 6); wir ziehen zu dieser Geraden die senkrechte Gerade, auf welcher die Längen (12) und (13) gleich den Grössen

Fig. 6.



$\cot(12)$  und  $\cot(13)$  sind. Auf der Geraden  $C1$  merken wir die Längen  $1A = a$  und  $1B = b$ ; dann ist die Flächengrösse des Rechtecks  $(1AA'2) = a \cot(12)$  und die Flächengrösse des Rechtecks  $(1BB'3) = b \cot(13)$ . Ziehen wir die Diagonale  $A''B''$ , so finden wir einen Schnittpunkt 4, von welchem sehr leicht zu beweisen ist, dass  $14 = \cot(14)$ , da

$$AB \times (14) = A1 \times (12) + B1 \times (13) = (AC + CB) \times \cot(14).$$

Ich erspare mir die Betrachtung derjenigen Fälle, in denen  $a$  und  $b$  resp.  $\cot(12)$  und  $\cot(13)$  von verschiedenem Vorzeichen sind, da die Sache so elementar ist, dass schon das Gesagte vollständig genügt, um ganz begreiflich zu machen, auf welche Weise man sich mit zwei gegebenen Winkeln  $(DC2)$  und  $(DC3)$  begnügen kann, um sämtliche andere, der Zone angehörnde Winkel abzuleiten, welche zusammen genommen ein Strahlenbündel bilden, dessen Centrum der Punkt  $C$  ist. Wenn wir nun aber die Winkel einer orthogonalen Zone von einer der beiden besonderen Flächen aus messen, so erhalten wir die Rationalität der Tangenten (folglich auch der Cotangenten). Wenn wir also zu jedem neu gefundenen Strahl eine senkrechte Gerade ziehen, so schneidet diese Gerade das Strahlenbündel in rationale Theile nur in dem Falle, wenn sie (und die zu ihr senkrechte Gerade) die besondere ist. Dadurch ist die Prüfung der besonderen Richtung in erheblichem Grade erleichtert und als ein allgemeines Verfahren zugänglich gemacht. Natürlich können wir auf graphischem Wege nur annähernd verfahren, aber da man gewöhnlich mit ziemlich einfachen Zahlen zu thun hat, so kommt man immer zu der gewünschten Lösung, und dieselbe wird dann auf rechnerischem Wege einer Verificirung unterworfen.

Jetzt wollen wir untersuchen, auf welche Weise die Pseudosymmetrie der Krystalle (im erweiterten Sinne) zum Ausdrucke kommt.

Dazu sind die Projectivitätsgleichungen am besten geeignet, d. h. dieselben Gleichungen, welche auf kürzestem Wege verschiedene rechnerische Aufgaben der Krystallographie zu lösen bestimmt sind.

Bei der Aufstellung solcher Gleichungen vom gewöhnlichen Typus ist der Krystall derart orientirt gedacht, dass die Kante  $[001]$  vertical und auch die Fläche  $(100)$  von links nach rechts gestellt wird. Nur für hexagonale

Krystalle denkt man sich die Kante [111] vertical und die Fläche [111] horizontal.

Bei dieser Aufstellung erhält man die Projectivitätsgleichungen in folgender Form<sup>1)</sup>:

Für die triklone Sygonie:

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{a_1 p_0 + a_2 p_1 + a_3 p_2}{a_4 p_1 + a_5 p_2} \text{ und } \frac{r_0'}{r_1'} = \frac{a_4 r_0}{-a_2 r_0 + a_1 r_1}$$

$$\frac{p_2'}{p_1'} = \frac{p_2}{r_2'} = \frac{(a_2 a_5 - a_3 a_4) r_0 - a_1 a_5 r_1 + a_1 a_4 r_2}{p_2}$$

für die monokline Sygonie:

$$p_0' : p_1' : p_2' = a_1 p_0 + a_3 p_2 : a_4 p_1 : p_2 \text{ und}$$

$$r_0' : r_1' : r_2' = a_4 r_0 : a_1 r_1 : -a_3 a_4 r_0 + a_1 a_4 r_2;$$

für die rhombische Sygonie:

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 : c_0 : p_1 : p_2 \cdot c_2 \text{ und } r_0' : r_1' : r_2' = \frac{r_0}{c_0} : r_1 : \frac{r_2}{c_2};$$

für die tetragonale Sygonie:

$$p_0' : p_1' : p_2' = p_0 : p_1 : p_2 \cdot c \text{ und } r_0' : r_1' : r_2' = r_0 : r_1 : \frac{r_2}{c};$$

für die hexagonale Sygonie:

$$p_0' : p_1' : p_2' = a p_0 + p : a p_1 + p : a p_2 + p \quad (p = p_0 + p_1 + p_2),$$

$$r_0' : r_1' : r_2' = r - (a + 3) r_0 : r - (a + 3) r_1 : r - (a + 3) r_2$$

$$(r = r_0 + r_1 + r_2).$$

In allen diesen Gleichungen bedeuten  $(p_0, p_1, p_2)$  die wirklichen und  $(p_0', p_1', p_2')$  die projectiven Symbole der Flächen, ebenso wie  $(r_0, r_1, r_2)$  die wirklichen und  $(r_0', r_1', r_2')$  die projectiven Symbole der Kanten. Alle Coefficienten dieser Gleichungen, ebenso wie die projectiven Indices, sind im Allgemeinen irrational.

Um sich jetzt von dem Grade der Pseudosymmetrie eines Krystalls eine nähere Einsicht zu verschaffen, denke man denselben derart orientirt, wie es für den wirklich symmetrischen der Fall ist, und suche die entsprechenden Projectivitätsgleichungen auf.

Für Anorthit wurden z. B. folgende Projectivitätsgleichungen gefunden:

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{0,9637 p_0 + 0,0293 p_1 + 0,4904 p_2}{0,5524 p_1 + 0,0502 p_2};$$

$$\frac{p_2'}{p_1'} = \frac{p_2}{p_2};$$

$$\frac{r_0'}{r_1'} = \frac{r_0}{-0,0534 r_0 + 1,7452 r_1};$$

$$\frac{r_2'}{r_1'} = \frac{-0,4902 r_0 - 0,0866 r_1 + 0,9637 r_2}{-0,0534 r_0 + 1,7452 r_1}.$$

Man sieht, dass in diesen Gleichungen die Coefficienten  $a_2 (= 0,0293)$  und  $a_5 (= 0,0502)$  sehr klein sind. Der Krystall kann also für einen

<sup>1)</sup> Vierte analytisch-krystallographische Studie; auch diese Zeitschr. **21**, 633 u. 709.

pseudomonoklinen in erweitertem Sinne gelten, da, wenn diese Coëfficienten gleich Null angenommen werden, die Gleichungen selbst dann die für monokline Krystalle geltende Form erhalten.

Noch näher gilt dies für Albit, dessen Projectivitätsgleichungen sind<sup>1)</sup>:

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{0,98371 p_0 - 0,00056 p_1 + 0,49845 p_2}{0,55940 p_1 + 0,07080 p_2}.$$

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{0,55940 p_1 + 0,07080 p_2}{p_2}.$$

Diese Gleichungen zeigen direct die morphotropen Beziehungen zum Orthoklas, dessen Gleichungen sind<sup>2)</sup>:

$$p_0' : p_1' : p_2' = 0,9388 p_0 + 0,4888 p_2 : 0,5554 p_1 : p_2,$$

$$r_0' : r_1' : r_2' = r_0 : 4,6903 r_1 : - 0,4888 r_0 + 0,9388 r_2.$$

Nun aber besitzt bekanntermassen der Orthoklas selbst eine pseudo-tetragonal-isotrope Zone, und zwar die Zone [400], indem für diese Zone zwei rechtwinklige Flächen (040) und (004) bekannt sind, und zwei andere (044) und (0 $\bar{4}$ 4), welche diese Winkel fast genau halbiren. Dass der Pseudo-Isotropismus dieser Zone nicht eine reine Zufälligkeit ist, beweist der Umstand, dass die Axe dieser Zone zugleich beinahe eine Axe des optischen Ellipsoides ist, und zwar die Axe  $n_p$ .

Wäre Orthoklas wirklich pseudo-tetragonal, dann hätten wir eine zu dieser Zone beinahe senkrechte Fläche (pseudo-isotrope Fläche) erwarten müssen. Eine solche Fläche ist aber nicht bekannt. Am nächsten steht dem die Fläche (20 $\bar{1}$ ) ( $y$ ); aber selbst diese schliesst mit der Fläche (004) den Winkel 99° 37' ein.

Wie kommt es aber, dass trotz alledem die Zone [400] einer wirklich tetragonal-isotropen Zone sehr angenähert ist? Wenn alles Dies nicht ein Zufall ist, so kann man sich den Orthoklas nur als einen homogen-deformirten Krystall denken. Die Deformation selbst aber kann nur von derjenigen Art sein, welche durch das Wort Schiebung bezeichnet wurde<sup>3)</sup>. Die Schiebungsfläche muss nothwendig derselben Zone angehören, da sonst die Zone deformirt worden wäre, und die Schiebungsrichtung ist die Richtung der Zonenaxe selbst. Aus den Symmetrieverhältnissen ersieht man direct, dass die Schiebungsfläche weder die Fläche (040), noch eine andere schiefstehende Fläche sein kann, so dass die Fläche (004) allein als die Schiebungsfläche zulässig ist.

Nun wollen wir diese Voraussetzung an der Hand der Erfahrungsdaten prüfen.

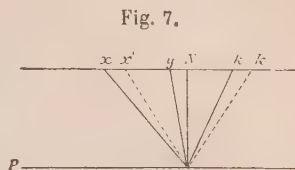
1) Diese Zeitschr. **21**, 742.

2) Vierte analyt.-kryst. Studie. Kap. III. 27. Beispiel.

3) In der dritten analyt.-kryst. Studie wurden die homogenen Deformationen ganz speciell behandelt und dabei gezeigt, dass dieselben im allgemeinsten Falle als ein System von Zügen (Streckungen) und Schiebungen gedacht werden können.

Da von der in den Jahren 1879—1887 umständlich bearbeiteten Theorie hier nur sehr wenig zur Anwendung kommt, so erlaube ich mir kurz das Nöthige zu reproduciren.

Es sei die Schiebungsfläche die durch die Gerade  $P$  (Fig. 7) gelegte, zur Zeichnungsebene senkrechte Ebene, und die Schiebungsrichtung die Gerade  $P$  selbst; die Gerade  $N$  sei eine Normale, und die Gerade  $Nk$  eine zu  $P$  parallele, in dem Abstände 1 gezogene Gerade.



Nehmen wir an, dass in Folge dieser Schiebung die Gerade  $y$  die Lage der Normale  $N$  erhält. Dann erhält die Gerade  $k$  die Lage  $k'$ , und die Gerade  $x$  die Lage  $x'$ , wo alle diese Geraden die Tracen der gleichnamigen Flächen des Orthoklases auf (010) bezeichnen.

Dann erhalten wir folgende Relationen:

$$\text{tang}(Nk') = \text{tang}(Nk) + \sigma, \text{ und } \text{tang}(Nx') = \text{tang}(Nx) - \sigma.$$

Die Gerade  $P$  bedeutet aber die Schnittgerade der Fläche (004), und die Geraden  $k$ ,  $y$  und  $x$  die Schnittgeraden der Flächen (100), (20 $\bar{1}$ ), resp. (40 $\bar{1}$ ) des Orthoklases.

Aus der Beobachtung sind aber folgende Winkelgrößen ermittelt:  $Pk = 116^{\circ}3'$ ,  $Py = 180^{\circ} - 99^{\circ}37'$ ,  $Px = 50^{\circ}17'$ ; also  $Ny = -9^{\circ}37'$ ,  $Nk = 26^{\circ}3'$ ,  $Nx = -39^{\circ}43'$ .

Ist nach der erfolgten Schiebung  $y$  mit  $N$  zur Deckung gebracht, so ist  $\sigma = \text{tang}(9^{\circ}37') = 0,16944$ . Ausserdem  $\text{tang}(Nx) = -0,83074$ , und  $\text{tang}(Nx') = -0,83074 + 0,16944 = -0,66127$ , also gleich  $\text{tang } 33^{\circ}28\frac{1}{2}'$ . Fast genau dieselbe Grösse erhalten wir auch für  $\text{tang}(Nk')$ , was aber sehr natürlich ist, wenn wir den Krystall als einen pseudotetragonalen deuten wollen, wie dies jetzt mit dem Orthoklas der Fall ist ( $0,4888 + 0,1694 = 0,6582$ ).

Es wäre höchst interessant, durch directe Messungen zu prüfen, ob die bei der Temperaturerhöhung zu Stande kommende homogene Deformation wirklich eine Schiebung nach der Fläche (004) ist<sup>1)</sup>. Dann würde die Thatsache begreiflich, dass die Zone [100] für alle Temperaturen tetragonal-isotrop bleibt; die geringe Schiebungsgrösse kann vielleicht auch begreiflich machen, warum die Axe  $n_g$  ihren Platz behält, und die Axe  $n_p$  nur sehr wenig ihre Lage ändert.

Die Manebacher Zwillinge sind die besten Demonstrationsobjecte für diese Schiebung. Nehmen wir eine mikropolysynthetische Zwillingsbildung nach diesem Gesetze, so erhalten wir einen pseudotetragonalen Krystall.

1) Nach Ablieferung des Manuscriptes wurde diese Prüfung vom Verf. auf Grund der Beobachtungen von Herrn Beckenkamp ausgeführt, und die oben angedeutete Vermuthung bestätigt gefunden. Es soll darüber demnächst berichtet werden.



Wir können die Richtigkeit resp. die Wahrscheinlichkeit dieser Vorstellung noch dadurch prüfen, dass wir dem Krystalle eine aus derselben folgende naturgemässe Orientirung zuertheilen, indem

der Fläche (010)	das Symbol (0 $\bar{1}$ 0)	ertheilt wird
- - (004)	- - (100)	- -
- - (20 $\bar{1}$ )	- - (004)	- -
- - (110)	- - (1 $\bar{1}$ 1)	- -

Die Transformationsgleichungen haben bekanntlich die Form

$$\begin{aligned} q_0 &= \frac{a_{00}p_0 + a_{01}p_1 + a_{02}p_2}{a_{20}p_0 + a_{21}p_1 + a_{22}p_2} \\ q_1 &= \frac{a_{10}p_0 + a_{11}p_1 + a_{12}p_2}{a_{20}p_0 + a_{21}p_1 + a_{22}p_2} \\ q_2 &= \frac{a_{20}p_0 + a_{21}p_1 + a_{22}p_2}{a_{20}p_0 + a_{21}p_1 + a_{22}p_2} \end{aligned}$$

wo die Coefficienten  $a_{ik}$  sämmtlich rational sind;  $q_0, q_1, q_2$  bedeuten die jetzt üblichen, und  $p_0, p_1, p_2$  die neuen sachgemässeren Symbole.

Auf Grund dieser Gleichungen stellen wir die Relationen auf:

$$\begin{aligned} 0 : 4 : 0 &= -a_{01} : -a_{11} : -a_{21} \\ 0 : 0 : 4 &= +a_{00} : +a_{10} : +a_{20} \\ 2 : 0 : -4 &= a_{02} : a_{12} : a_{22} \\ 1 : 1 : 0 &= +a_{00} - a_{01} + a_{02} : +a_{10} - a_{11} + a_{12} : +a_{20} - a_{21} + a_{22}. \end{aligned}$$

Daraus schliessen wir

$$\begin{aligned} a_{01} = a_{21} = a_{00} = a_{10} = a_{12} = 0; \quad a_{02} = -2a_{22}; \quad a_{02} = -a_{11}; \\ a_{20} = -a_{22}. \end{aligned}$$

Nehmen wir  $a_{22} = -4$ , so erhalten wir

$$a_{02} = +2; \quad a_{11} = -2; \quad a_{20} = +4.$$

Also  $q_0 : q_1 : q_2 = 2p_2 : -2p_1 : +p_0 - p_2$  und auch umgekehrt

$$p_0 : p_1 : p_2 = +q_0 + 2q_2 : -q_1 : q_0.$$

Diesen Gleichungen gemäss können wir jetzt die neuen Symbole für alle häufig auftretenden Flächen des Orthoklas auffinden und erhalten dann, dass

der Fläche (100) das Symbol (104) ertheilt werden muss

-	(010)	-	-	(0 $\bar{1}$ 0)	-	-	-
-	(004)	-	-	(100)	-	-	-
-	(10 $\bar{1}$ )	-	-	( $\bar{1}$ 04)	-	-	-
-	(20 $\bar{1}$ )	-	-	(004)	-	-	-
-	(110)	-	-	(1 $\bar{1}$ 1)	-	-	-
-	(1 $\bar{1}$ 0)	-	-	(111)	-	-	-
-	(11 $\bar{1}$ )	-	-	( $\bar{1}$ $\bar{1}$ 1)	-	-	-
-	(1 $\bar{1}$ $\bar{1}$ )	-	-	( $\bar{1}$ 11)	-	-	-
-	(024)	-	-	(1 $\bar{1}$ 0)	-	-	-
-	(0 $\bar{2}$ 4)	-	-	(110)	-	-	-

Diese Zusammenstellung kann die aus den vorhergehenden Betrachtungen entwickelte Vorstellung nur bekräftigen, indem jetzt ganz klar wird, dass die dadurch abzuleitenden neuen Symbole einfacher sind, als die üblichen älteren; denn während wir in der älteren Symbolreihe dreimal den Index 2 haben, trifft man in der neueren diesen Index kein einziges Mal.

Sind die Transformationsgleichungen für die Flächen bekannt, so können wir daraus sehr leicht die analogen Gleichungen für die Kanten berechnen, indem die Coëfficienten der letzteren die entsprechenden Subdeterminanten der aus den Coëfficienten der ersteren zusammengesetzten Determinante sind.

Die Determinante ist aber  $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$ ; folglich sind die entsprechenden Subdeterminanten  $\begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \end{vmatrix}$ ; folglich sind die Gleichungen selbst

$$r_0 : r_1 : r_2 = s_2 : -2s_1 : 2s_0 - s_2,$$

wenn  $s_0, s_1, s_2$  die älteren, und  $r_0, r_1, r_2$  die neuen Kantenindices bezeichnen.

Daraus schliessen wir aber, dass die Zwillingsaxe des Karlsbader Gesetzes [001] jetzt das Symbol [10 $\bar{1}$ ] erhält, und die Zwillingsaxe des Bavenoer Gesetzes [100] jetzt das Symbol [001] erhält.

Nun bleibt noch übrig, die Projectivitätsgleichungen für die neue Aufstellung des Orthoklas zu berechnen.

Es seien diese Gleichungen

$$p_0' : p_1' : p_2' = a_1 p_0 + a_3 p_2 : a_4 p_1 : p_2.$$

Nun sind u. a. folgende Winkel bekannt :

$$\begin{array}{llllll} \text{der Winkel zwischen den Flächen} & (100) & \text{und} & (001) & = & 99^\circ 37' \\ - & - & - & - & - & (100) - (110) = 44^\circ 56\frac{1}{2}' \\ - & - & - & - & - & (100) - (101) = 63^\circ 57' \end{array}$$

Das Symbol (100) wird durch das projective (100) ersetzt

$$\begin{array}{llllll} - & - & (001) & - & - & - & (a_3 01) & - \\ - & - & (110) & - & - & - & (a_1 a_4 0) & - \\ - & - & (101) & - & - & - & (a_1 + a_3 01) & - \end{array}$$

$$\text{Somit aber } \cot(99^\circ 37') = \frac{1 \cdot a_3 + 0 \cdot 0 + 0 \cdot 1}{\sqrt{0^2 + 1^2 + 0^2}} = a_3,$$

$$\cot(44^\circ 56\frac{1}{2}') = \frac{1 \cdot a_1 + 0 \cdot a_4 + 0 \cdot 0}{\sqrt{0^2 + 0^2 + a_4^2}} = \frac{a_1}{a_4},$$

$$\cot(63^\circ 57') = \frac{1 \cdot (a + a_3) + 0 \cdot 0 + 0 \cdot 1}{\sqrt{0^2 + 1^2 + 0^2}} = a_1 + a_3.$$

$$\begin{aligned}\text{Folglich } a_3 &= \cot(99^\circ 37') = -\cot(80^\circ 23') = -0,46944, \\ a_1 &= \cot(63^\circ 57') - a_3 = 0,48884 + 0,46944 = 0,65825, \\ a_4 &= a_1 \cdot \tan(44^\circ 56\frac{1}{2}') = -0,65694.\end{aligned}$$

Die gesuchten Projectivitätsgleichungen sind also

$$\begin{aligned}\text{für die Flächen } p_0' : p_1' : p_2' &= 0,65825 p_0 - 0,46944 p_2 : -0,65694 p_1 : p_2, \\ - \text{ Kanten } r_0' : r_1' : r_2' &= r_0 : 1,00205 r_1 : 0,46944 r_0 + 0,65825 r_2.\end{aligned}$$

Die letzte Gleichung verräth besonders klar die pseudotetragonale Syngonie des Orthoklas.

Bei dieser Aufstellung sind die Manebacher Zwillinge als solche zu deuten, für welche die Zwillingsebene (zugleich Schiebungsfläche) die Fläche (100) ist; für die Bavenoer Zwillinge kann man als Zwillingsebene (110) resp. (110) nehmen oder als Zwillingsaxe die Axe [004] mit der Drehung um fast genau  $90^\circ$ . Die Karlsbader Zwillinge werden jetzt als solche ge- deutet, deren Zwillingsaxe [107] ist.

Die Betrachtung der eben gefundenen Projectivitätsgleichungen führt uns zur Idee einer Vereinfachung wenigstens für die annähernden Be- rechnungen. Wir können nämlich diese Gleichungen durch folgende an- nähernd ersetzen :

$$\begin{aligned}\text{für die Flächen } p_0' : p_1' : p_2' &= \frac{2}{3} p_0 - \frac{1}{6} p_2 : -\frac{2}{3} p_1 : p_2 = 4 p_0 - p_2 : -4 p_1 : 6 p_2, \\ - \text{ Kanten } r_0' : r_1' : r_2' &= r_0 : r_1 : \frac{1}{6} r_0 + \frac{2}{3} r_2 = 6 r_0 : 6 r_1 : r_0 + 4 r_2.\end{aligned}$$

Die Projectivitätsgleichungen mit rationalen Coëfficienten entsprechen aber den kubischen Krystallen. Also lässt der Orthoklas sich auch als ein kubischer Krystall deuten. Bei dieser Deutung erhalten aber die häufig auftretenden Flächen etwas complicirtere Symbole. Deswegen ist diese Deutung als eine nicht naturgemässe zu verwerfen.

Infolge der morphotropen Beziehungen ist natürlich auch für die Plagioklasreihe die neue Aufstellung ebenso nothwendig.

### III. Zur Symmetrie der Krystalle.

#### Fünfte Mittheilung.

Von

**J. Beckenkamp** in Mülhausen i. Els.

(Hierzu Tafel I und II.)

---

#### Geometrische Eigenschaften des Baryts.

##### Vicinale Flächen.

Ich habe früher (diese Zeitschr. **19**, 260) eine Theorie der vicinalen Flächen entwickelt, die auf der Voraussetzung beruht, dass die in der Ebene der Flächen auftretenden — tangentialen — Kräfte vorwiegend bei der Bildung der Flächen in Frage kommen. Da dies mit der allgemein verbreiteten Auffassung in Widerspruch steht, indem »die meisten Erklärungsversuche darauf hinauszukommen scheinen, die wirkenden Kräfte bei der Krystallbildung senkrecht zu den Flächen des Krystalls anzunehmen« (vgl. diese Zeitschr. **21**, 444), so will ich speciell diesen Punkt hier nochmals hervorheben.

Die Bewegungen der Moleküle innerhalb einer Lösung können sowohl durch Druckkräfte hervorgerufen werden, die in der Lösung ihren Ursprung haben, indem nach den Stellen des Verbrauchs der Moleküle, d. h. nach dem wachsenden Krystall hin, ein Ueberdruck zu Stande kommt, als auch durch anziehende Kräfte, die im Krystall selbst ihren Sitz haben. Nehmen wir an, es befinde sich bereits ein Krystall mit ausgebildeten Flächen in der Lösung. Durch die zuerst genannten Diffusionskräfte wird neues Baumaterial den wachsenden Flächen in der Form von Molekülen zugeführt. Dass diese letzteren sich nun in gesetzmässiger Weise parallel mit der Oberfläche anlagern, dafür kann selbstverständlich der Grund nicht allein in der Diffusion gefunden werden. Nach P. Curie soll hiebei im Wesentlichen das Gesetz massgebend sein, dass die Oberflächenspannung einen minimalen Werth erhalte. »Die charakteristische Capillarconstante der Trennungsfläche zweier Medien  $A$  ist die Energie, welche aufgewendet werden muss, um



jene Flächen um eine Einheit zu vergrössern. Wenn ein deformationsfähiger Körper nur den Capillarkräften unterworfen ist, so wird seine Oberfläche ein Minimum, und er nimmt die Kugelform an. Wenn er von mehreren Trennungsflächen  $S, S_1, S_2$  mit den Capillarconstanten  $A, A_1, A_2$  begrenzt wird, so entsteht Gleichgewichtszustand, wenn  $AS + A_1 S_1 + A_2 S_2$  seinen kleinsten Werth annimmt. Diese Principien wendet Curie auf einen in gesättigter Mutterlauge befindlichen Krystall an und setzt dabei voraus, dass letzterer sich deformiren könne durch Auflösen gewisser und Wachsthum anderer Stellen, ohne dass Krystall und Mutterlauge ihre Natur und ihr Volumen ändern. Alsdann würde die angestrebte stabilste Form diejenige mit der kleinsten Summe der Energie an der Oberfläche sein, und müssten natürlich diejenigen Flächen vorherrschen, deren Capillarconstante die kleinste ist  $\alpha$  (vgl. diese Zeitschr. **12**, 654).

Aus dieser Betrachtung geht meiner Ansicht nach hervor, dass die Oberflächenspannung bei der Bildung von Krystallen nicht allein, ja nicht einmal in erster Linie in Betracht kommen könnte, wenn man voraussetzte, die Wirkung der Moleküle, als deren Folge doch jedenfalls die Oberflächenspannung zu betrachten ist, wäre nach allen Richtungen gleich gross. Wäre dies der Fall, so müssten von Anfang an die Krystallmoleküle sich kugelförmig anordnen. Mehrere Trennungsflächen mit verschiedenen Capillarconstanten wären nur dadurch möglich, dass in den Molekülen Kräfte vorhanden wären, die, der Wirkung der Oberflächenspannung entgegen, eine andere Oberfläche als die Kugel zur Folge hätten. Sind aber solche Molekularkräfte bei der ersten Zusammenlagerung der Krystallmoleküle massgebend, so ist nicht einzusehen, weshalb diese bei dem späteren Wachsthum der Flächen ihren überwiegenden Einfluss verlieren sollten.

Es fragt sich, ob hierbei solche attractive (event. auch repulsive und — durch die Vereinigung beider — orientirende) Kräfte mehr zur Geltung kommen, welche in der Richtung der Flächen — tangential —, oder solche — normale — Kräfte, welche senkrecht dazu wirken.

Da jede Fläche scheinbar nur senkrecht zu ihrer Ebene fortwächst, so mag es wohl erklärlich sein, dass man meistens normale Kräfte zur Erklärung des Flächenwachsthums voraussetzt. Da wir uns aber doch nicht vorstellen können, dass ganze Flächenschichten wie eine fertige Decke, sondern eher wie eine Anzahl Nüsse auf der Ebene eines Tisches zur Ablagerung kommen, dass also ein Molekül nach dem anderen in den Krystallbau eingezo-gen wird, so folgt, dass

das normale Wachsthum der Flächen ein secundärer,  
das tangential Wachsen der Flächen der primäre Vor-  
gang ist.

Das Beispiel der in Folge der verticalen Schwerkraft horizontalen Wasseroberfläche scheint dem zu widersprechen. Bei Flüssigkeiten setzen

die Theilchen einer gegenseitigen Verschiebung keinen Widerstand entgegen, und ein im Inneren bestehender Druck pflanzt sich nach allen Seiten gleichmässig fort. Die Verschiebung in der Grenzfläche dauert deshalb so lange, bis der tangential Druck und Gegendruck nach allen Seiten gleich gross ist. Bei den auf der Oberfläche angelagerten Theilen eines Krystalles sind übrigens beide Gesetze wohl nicht mehr giltig.

Nehmen wir an, es hätte sich schon eine kleine Krystallschicht (vgl. Fig. 4, Taf. I) gebildet, und durch die Diffusion sei ein noch freies Molekül  $M$  in die Verlängerung der Krystallschicht gelangt, so wird dasselbe von den eventuell vorhandenen, in der Richtung der Ebene wirkenden Kräften des Krystalls angezogen, andererseits aber auch von dem nach der Verbrauchsstelle gerichteten Diffusionsdruck über die Unterlage geschoben werden, und dadurch die Schicht selbst sich tangential vergrössern. Etwa vorhandene normale Kräfte wären für das Wachsthum der Schicht 4 ohne Bedeutung, sie könnten nur neue Moleküle zur Ablagerung auf ihrer Oberfläche veranlassen; aber auch schon in Folge der Diffusion allein wird dieses eintreten. Die auf der Oberfläche der ersten Schicht abgelagerten Moleküle geben dann den Anstoss zu einer zweiten Schicht etc. Die sämtlichen jüngeren, also höheren Schichten können dann in ihrem tangentialen Vorücken hinter den älteren etwas zurückbleiben, weil sie eben später ihr Wachsthum begonnen haben. Normale Kräfte des Krystalls können sich wohl zu der Diffusionskraft der Lösung addiren und einen schnelleren Zufluss der Moleküle veranlassen. Sollten jene an gewissen Stellen einen maximalen Werth haben, so würde dies zur Folge haben, dass hier jedesmal der Ansatz für eine neue Schicht entstände. Wir wollen solche Stellen, da sie den höchsten Punkt einer Fläche darstellen, den Scheitel der Fläche nennen. Soll von einer Stelle aus durch tangenciales Wachsthum eine Schicht gebildet werden, so muss die Anlagerung innerhalb der Flächenebene mindestens nach zwei Richtungen geschehen. Geometrisch können Krystallflächen zwar auch durch die Richtung ihrer Normalen definirt werden; physikalisch dagegen müssten wir dieselbe demnach durch zwei Richtungen in ihrer Ebene bestimmen.

Wenn, wie es wohl meistens der Fall sein wird, die obersten jüngeren Schichten einer Krystalloberfläche etwas hinter den darunter liegenden zurückgeblieben sind, dann wird die Krystallfläche nicht von einer einzigen, sondern von Theilen mehrerer über einander liegenden Schichten gebildet (vgl. Fig. 2). Es werden sich im Allgemeinen um so mehr Schichten an der Grenzbildung betheiligen, je rascher das Wachsthum vor sich ging. Das vom Scheitel der Fläche ausgehende, stufenweise Fallen der letzteren muss uns dann die Richtung angeben, nach welcher das tangential Wachsthum der Fläche erfolgt ist. Auch ohne dass dieser Aufbau aus einzelnen Schichten, die ja nur von molekularer Dicke zu sein brauchen, als Stufen-

bildung erkennbar wird, kann man doch aus der Neigung der schliesslichen Grenzfläche — der vicinalen Fläche — gegen die theoretische Fläche — die Ebene der Molekularschicht — einen Schluss auf die Richtung des tangentialen Wachsens ziehen. Die Stufenbildung kann auch dadurch noch undeutlicher werden, dass die Moleküle verschiedener Stufen durch gegenseitige Anziehung sich in die gleiche vicinale Ebene zu bringen suchen. Immer aber wird die Neigung der vicinalen Fläche gegen die ideale Lage den Ursprung der Fläche finden lehren.

Die Bestimmung der Wachstumsrichtungen einer Fläche (es sollen darunter stets die tangentialen verstanden werden) wäre ohne Schwierigkeit, wenn uns die Richtungen der idealen Flächen bekannt wären. Vollkommene Spaltflächen darf man vielleicht im Allgemeinen als solche annehmen, die übrigen müssen aus dem Axenverhältnisse ermittelt werden.

Zur Bestimmung des Axenverhältnisses  $a:b$  für Baryt benutzte ich den Spaltwinkel des Prismas (110):(110). Ich fand denselben übereinstimmend bei Spaltungsstücken der verschiedensten Fundorte  $78^{\circ}20'$ . Zur Bestimmung des Verhältnisses  $c:b$  fand ich am besten den Winkel  $Q:Q = (011):(01\bar{1})$ . Mit Ausnahme der Krystalle von Dufton und Freiberg waren die Bilder dieser Fläche bei den von mir untersuchten Krystallen stets einfach und scharf, die Winkel schwankten zwischen  $74^{\circ}37'$  und  $74^{\circ}40'$ ; als wahrscheinlichster Werth wurde gefunden  $74^{\circ}38'$ . Daraus folgt das Verhältniss  $a:b:c = 0,8446:1:1,3449$ .

Hankel unterscheidet nach dem äusseren Habitus und dem elektrischen Verhalten zwei Abtheilungen<sup>1)</sup>: »Die Krystalle der ersten Abtheilung stellen meist in der Richtung der Makrodiagonalen mehr oder weniger verlängerte Säulen dar; haben, wenn sie nicht ringsum ausgebildet sind, mit dem einen Ende der genannten Diagonalen am Gestein aufgesessen, lösen sich an den Enden eben dieser Axe gewöhnlich in mehrere Schneiden auf und erscheinen aus zwei oder mehreren parallel derselben verwachsenen Individuen zusammengesetzt. — Unter den Krystallen der zweiten Abtheilung erscheint dagegen eine grosse Zahl (Krystalle von Dufton und aus der Auvergne) als in der Richtung der Brachydiagonalen sehr beträchtlich verlängerte Säulen, die, wenn sie nicht ringsum ausgebildet sind, mit dem einen Ende der Brachydiagonalen angewachsen waren. Ein anderer Theil der zu dieser Abtheilung gehörenden Krystalle stellt zwar nahe oder vollkommen rhombische Tafeln dar; dieselben zeigen aber gleichfalls ein in der Richtung der Brachydiagonalen erfolgtes Wachstum; es liegt entweder der Ansatzpunkt noch deutlich an dem einen Ende dieser Diagonalen,

1) W. G. Hankel, Elektrische Untersuchungen; neunte Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Schwerspathes. Abhandlungen der mathem.-phys. Klasse der Königl. S. Ges. d. Wiss. 1874, 10, 306.

oder es lösen sich die Krystalle an den Enden derselben in oft sehr zahlreiche Spitzen auf, oder es finden sich daselbst wiederholt Absätze, während die Enden der Makrodiagonalen rein und vollkommen ausgebildet sind. «

### Krystalle der ersten Abtheilung.

#### 1) Fläche $C = \{001\}$ .

Bei der Basis  $C$  ist der Wachsthumssinn schwierig nachzuweisen. Bei schmalen, nicht gestreiften Flächen, z. B. von Přibram und Villafranca, erkennt man aus den Winkeln zwischen den beiden Basisflächen, dass diese vom freien Ende nach dem aufgewachsenen Ende zu convergiren. Sobald die Flächen jedoch in der Zone  $C : P$  gestreift sind, ergeben die Winkel eine Convergenz nach beiden Seiten. Sogar an einem und demselben Krystalle von Přibram fand ich aus den Winkeln gegen die Prismenspaltung, dass die eine Basisfläche, welche in der erwähnten Zone gestreift war, vorwiegend nach dem freien Ende convergirte, die andere, welche nicht gestreift war, nur nach dem aufgewachsenen Ende. Bei breiteren Flächen lässt sich der Grund für das erstere Verhalten leicht übersehen. Bei den Krystallen von Frizington z. B. findet man, dass auf der Basisfläche eine ganze Anzahl gewissermassen parasitischer flacher Kryställchen aufsitzen (vergl. Fig. 3); bei allen diesen findet demnach das Wachsthum auch auf  $\{001\}$  vorwiegend nach den Prismenflächen statt. Rücken die einzelnen Parasiten näher aneinander, so erhält die basische Oberfläche das Ansehen der Fig. 4, und wenn die Prismenkante der Parasiten mehr nach der Seite rückt oder gar mit einer der beiden Basiskanten zusammenfällt, dann erscheint die Fläche  $C$  einseitig gestreift (Fig. 5); da in diesen Fällen die nach dem aufgewachsenen Ende zu liegenden obersten Schichten die jüngsten sind (in der Figur links), so muss hier die Convergenz nach dem freien Ende zu gerichtet sein. Wir dürfen somit schliessen, dass die Wachsthumrichtung der eigentlichen Basisfläche von dem freien Ende aus nach dem aufgewachsenen Ende hin verläuft, dass aber bei gestreiften Basisflächen weniger das basische als das prismatische Wachsthum in die Erscheinung tritt.

Häufig beobachtet man auch mehrere Reihen von Parasiten; es ziehen sich dann über die Basis parallel zur  $b$ -Axe mehrere ein- und ausspringende Kanten. Ich habe bis jetzt nicht beobachtet, dass diese oberflächlichen Knickungen parallel der  $b$ -Axe sich auch tiefer, d. h. auf den basischen Spaltflächen, fortsetzen.

Zwillinge nach einem zum Makropinakoid vicinalen Makrodoma habe ich also bis jetzt wenigstens nicht nachweisen können.

Besonders bei grösseren Basisflächen findet man nicht selten, dass die Streifung nach rechts und links entgegengesetzt ist; dies ist meistens dann der Fall, wenn der Krystall an beiden Enden frei ausgebildet ist (vgl. Fig. 4).



In diesen Fällen liegt also ein Scheitelpunkt in der Mitte, während er gewöhnlich bei den gestreiften Flächen am aufgewachsenen Ende sich befindet, und der Scheitel des eigentlichen basischen Wachstums am freien Ende ist.

Die zweite basische Wachstumsrichtung konnte ich mit Sicherheit nicht nachweisen, wenn auch manche Winkelbeobachtungen darauf hinzuweisen scheinen, dass sie von der Mitte aus nach beiden Seiten parallel der  $a$ -Axe verlaufe.

## 2) Fläche $P = \{110\}$ .

Der Prismenwinkel  $(110):(1\bar{1}0)$  soll nach den Spaltflächen  $78^\circ 20'$  betragen. An natürlichen Flächen wurde beobachtet bei Krystallen von

Villafranca		Přibram		Egremont		Frizington	
Fehler:		Fehler:		Fehler:		Fehler:	
$78^\circ 16'$	$—4'$	$78^\circ 15'$	$—5'$	$78^\circ 17'$	$—3'$	$78^\circ 18'$	$—2'$
		$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	
		$77^\circ 55'$	$—25'$	$77^\circ 2'$	$—1^\circ 18'$	$78^\circ 3'$	$—17'$
		$78^\circ 15'$	$—5'$				

Die stets negative Differenz lässt darauf schliessen, dass die eine Scheitellinie der Prismenflächen die seitliche Combinationskante  $(110):(1\bar{1}0)$  ist.

Sehen wir von den in der vierten Mittheilung erwähnten Zwillingen nach einer flachen Pyramide ab, bei denen ein ausspringender Winkel auf der einen, ein einspringender Winkel auf der anderen gegenüberliegenden prismatischen Spaltfläche liegt, so finden wir auf den natürlichen Flächen sehr häufig schon mit blossem Auge horizontale ausspringende oder einspringende Kanten, welche auf den Spaltflächen nicht zum Ausdruck kommen. Dies lässt also darauf schliessen, dass die zweite Scheitellinie der Prismenfläche entweder horizontal mitten über die Prismenfläche hinzieht oder von den Combinationskanten  $C : P$  gebildet wird.

Mitunter, z. B. bei Krystallen von Egremont, ziehen sich über eine und dieselbe Prismenfläche mehrere ein- und ausspringende horizontale Kanten. Hier muss also der Wachsthumssinn der Prismenflächen in der Richtung der  $c$ -Axe mehrfach wechseln.

## 3) Fläche $R_2 = \{102\}$ .

Aus dem oben angegebenen Axenverhältnisse folgt für  $C : R_2 = (001):(102)$   $38^\circ 51'$ . Aus den beobachteten Winkeln  $(102):(10\bar{2})$  dagegen folgen die nachstehenden Werthe:

Villafranca		Přibram		Egremont	
Fehler:		Fehler:		Fehler:	
38° 52'	+1'	38° 54'	±0'	38° 49'	-2'
		⋮			
38 54	+3	39 34	+40	38 57	+6
38 52	+4	38 52	+4	39 3	+12
		⋮			
38 52	+4	39 3	+12	38 58	+7
		38 54	±0		
		38 50	-4		
		38 54	±0		
		38 54	+3		

Der vorwiegend positive Fehler deutet darauf hin, dass die eine Scheitellinie der Flächen  $R_2$  die Combinationskante  $C : R_2$  ist.

Die Wachstumsrichtung parallel  $b$  ist unbestimmt; die Flächen  $R_2$  scheinen in dieser Hinsicht abhängig von  $C$  zu sein und das Wachsen nach  $b$  weniger hervorzutreten.

#### 4) Fläche $R_1 = \{101\}$ .

Nach dem Axenverhältniss soll  $C : R_1 = (001) : (101) \ 58^\circ 10'$  betragen. Aus den Beobachtungen  $(101) : (10\bar{1})$  folgt:

Přibram			
Fehler:		Fehler:	
58° 9'	-1'	58° 24'	+11'
58 13	+3	58 8	-2
58 10	±0	58 9	-4
58 17	+7	58 18	+8

$R_1$  scheint also seinen Scheitel in der Combinationskante  $R_2 : R_1$  zu haben, so dass  $R_2$  und  $R_1$  in Bezug auf die Wachstumsrichtung nur die Fortsetzung von  $C$  bilden, und zwar  $R_2$  in höherem Grade als  $R_1$ . Bezüglich der zweiten Richtung verhält sich  $R_1$  wie  $R_2$ .

#### 4) Fläche $Q = \{011\}$ .

Da die Fläche  $Q$  nur geringe Schwankungen zeigte und zur Ermittlung des Axenverhältnisses benutzt wurde, so kann bei ihr keine Wachstumsrichtung bestimmt werden.

In Fig. 6 und 7 sind die Wachstumsrichtungen der erwähnten Flächen für die Krystalle der ersten Abtheilung durch Pfeile angedeutet.

### Krystalle der zweiten Abtheilung.

Von der zweiten Abtheilung hatte ich viel weniger Krystalle zur Verfügung als von der vorigen. Eine Stufe von Freiberg erwarb ich für diesen Zweck von Krantz, einen grösseren, dicktafeligen Krystall hatte ich früher

schon erworben und hauptsächlich zu Aetzversuchen benutzt, und endlich wurden mir aus der mineralogischen Staatssammlung in München drei grössere, nach der  $a$ -Axe prismatische Krystalle geliehen.

Die Krystalle der Freiburger Stufe waren zwar nicht wie die Duftoner säulenförmig nach der  $a$ -Axe, sondern nach  $b$  verlängerte Tafeln; sie zeigten aber meist die beiden Enden der  $b$ -Axe frei ausgebildet und waren an dem einen Ende der  $a$ -Axe aufgewachsen; endlich waren sie, wie Hankel für diese Abtheilung hervorhebt, an dem freien Ende der  $a$ -Axe in mehrere Spitzen aufgelöst.

#### 1) Fläche $C = \{001\}$ .

Einer der beiden gemessenen Krystalle von Dufton (der dritte war wegen seiner Grösse zu Messungen nicht geeignet) zeigte in der Zone  $C:Q$  völlig einheitliche Bilder und gegen  $Q$  genau den dem obigen Axenverhältnisse entsprechenden Winkel von  $52^{\circ}44'$ ; der andere dagegen hatte auf  $(001)$  eine schwach ausspringende Kante parallel  $a$ , so dass diese als eine Scheitellinie aufgefasst werden muss. In der Zone  $C:R$  sind die beiden Flächen  $C$ , wie sich aus ihrem gegenseitigen Winkel ergibt, nach dem ausgebildeten Ende convergent. Einer der beiden Duftoner Krystalle hat auch auf einer Basisfläche eine schwach ausspringende Kante parallel  $b$ . Eine Streifung ist diesmal nicht zu beobachten, so dass die Fallrichtung der Fläche auch als die eigentliche Wachstumsrichtung der Fläche betrachtet werden darf<sup>1)</sup>. Genau das gleiche Verhalten, nur noch deutlicher, fand ich bei den Krystallen von Freiberg. Hier zerfällt die sonst streifenlose Basis in vier Felder, von denen jedes nach aussen abfällt. Dieselben werden durch vier, von der Mitte aus diagonal zu den  $a$ - und  $b$ -Axen verlaufende, ausspringende Kanten von einander getrennt.

#### 2) Fläche $P = \{110\}$ .

Der Spaltwinkel  $(110):(1\bar{1}0)$  betrug hier wie bei der ersten Abtheilung  $78^{\circ}20'$ . Zur Messung eigneten sich nur die Freiburger Krystalle. An natürlichen Flächen wurde gefunden:

	Fehler:		Fehler:
$78^{\circ}20'$	$\pm 0'$	$78^{\circ}45'$	$-5'$
77 24	$-56$	78 7	$-43$
78 26	$+6$	77 54	$-26$
78 8	$-42$		

Die überwiegend negative Differenz lässt also auch hier darauf schliessen, dass die Scheitellinie die seitliche Kante  $(110):(1\bar{1}0)$  ist.

1) Wird dieser Krystall gegen das Licht gehalten, so sieht man eine feine Schicht parallel  $(100)$  den Krystall in der Mitte durchsetzen, welche die eine Basisfläche in der eben erwähnten Kante durchschneidet und sich durch eine leise Trübung kenntlich macht. Die andere Basisfläche ist kürzer und wird von dieser Schicht nicht getroffen.

In der Zone  $(110):(001)$  geben die Prismenflächen häufig zwei getrennte Bilder, die um  $10'$  bis  $20'$  von einander abstehen. Man erkennt dann mit der Lupe, dass die Fläche aus zwei Theilen besteht, die in einer horizontalen ausspringenden Kante zusammenstossen. Diese muss also ebenfalls als Scheitellinie angesehen werden.

### 3) Fläche $R_2 = \{102\}$ .

Statt des berechneten Winkels  $(001):(102) = 38^\circ 54'$  wurde beobachtet:

Dufton		Freiberg	
	Fehler:		Fehler:
$38^\circ 54'$	$\pm 0'$	$38^\circ 54'$	$+3'$
38 54	$\pm 0$	38 52	$+4$
		38 54	$\pm 0$
		39 3	$+42$

Der Fehler ist hier wie bei der ersten Abtheilung positiv; nur scheint er etwas geringer zu sein. Die Scheitellinie ist demnach die Kante  $C : R_2$ .

Bezüglich der horizontalen Wachstumsrichtung habe ich nichts feststellen können.

### 4) Fläche $R_1 = \{101\}$ .

Die Fläche  $R_1$  war nur bei den Freiburger Krystallen vorhanden. Statt des berechneten Winkels  $(001):(101) = 58^\circ 40'$  wurde beobachtet:

Freiberg	
	Fehler:
$58^\circ 40'$	$\pm 0'$
58 41	$+4$
58 41	$+4$

Die Fläche  $R_1$  stimmt also fast genau mit der dem Axenverhältnisse entsprechenden Lage überein.

### 5) Fläche $Q = \{011\}$ .

Statt des dem Axenverhältnisse zu Grunde gelegten Werthes  $C : Q = 52^\circ 44'$  wurde bei dieser Abtheilung gefunden:

Dufton		Freiberg	
	Fehler:		Fehler:
$52^\circ 42'$	$+4'$	$52^\circ 38'$	$-3'$
52 36	$-5$	52 40	$-4$
52 32	$-10$	52 42	$+4$
52 37	$-5$	52 39	$-2$
52 42	$+4$		
52 44	$\pm 0$		

Die überwiegend negative Differenz deutet darauf hin, dass hier der Scheitel von der Lateralkante  $(011):(01\bar{1})$  gebildet wird.



Einer der beiden gemessenen Krystalle von Dufton zeigt beiderseits an den Enden der  $b$ -Axe je zweigeradlinig parallel  $a$  verlaufende Nähte, wodurch die beiden Ränder von der Hauptmasse des Krystalls abgetrennt werden; die Ränder zeigen Andeutungen einer Auflösung in einzelne Spitzen, welche mit dem übrigen Theile kein gemeinsames Wachsen haben. Der grosse (nicht gemessene) Krystall von Dufton zeigt dieselbe Spitzenbildung, die von Prismenflächen begrenzt werden, noch deutlicher. Diese Spitzen sollten nach Hankel bei Krystallen, die wie die vorliegenden nach der  $a$ -Axe verlängert sind, nicht vorkommen.

Der dritte Krystall zeigt entsprechend der Hankel'schen Beobachtung die Naht und Spitzenbildung am vorderen Ende der  $a$ -Axe.

Für die Krystalle der zweiten Abtheilung sind in Fig. 8 die beobachteten Wachstumsrichtungen durch Pfeile angedeutet.

### Folgerungen aus dem geometrischen Verhalten der Barytkrystalle.

Die erwähnten Wachstumsrichtungen bedingen für die Oberfläche Symmetrieverhältnisse, die mit denen der rhombischen Holoëdrie nicht übereinstimmen. So z. B. erhalten die  $a$ - und die  $b$ -Axe auf der Basis einen bestimmten Richtungssinn, welcher bei beiderseits ausgebildeten Krystallen in der Mitte umkehrt. Dasselbe gilt für die  $c$ -Axe auf den Prismenflächen. Ein rings ausgebildeter Krystall kann infolge dessen nicht als ein einheitlicher homogener Körper aufgefasst werden, sobald wir auf die Wachstumsrichtungen Rücksicht nehmen; dann müssen wir ihn als einen mehrfachen Zwilling betrachten, dessen Zwillingsebenen den drei Pinakoiden parallel gehen. Indessen unterscheiden sich diese Zwillinge insofern wesentlich von den Zwillingen, wie wir sie in der vierten Mittheilung kennen gelernt haben, bei welchen die Zwillingsebenen Flächen entsprachen, die den Pinakoiden nur annähernd parallel gehen. Im letzteren Falle muss auch die Vertheilung der Moleküle im Raume an der Zwillingsgrenze eine Unterbrechung der Homogenität erfahren, d. h. die Structur je zweier Theile ist symmetrisch zu der Zwillingsebene; wir wollen diese Art Structurzwillinge nennen. Bei den vorhin besprochenen Zwillingen dagegen kann, von Störungen an den äusseren Grenzen abgesehen, die Structur im ganzen Krystall als eine einheitliche bezeichnet werden. Wir haben bis jetzt nur gesehen, dass gewisse Richtungen umkehren, wir wollen diese Art von Zwillingen deshalb Richtungszwillinge nennen.

### Das elektrische Verhalten des Baryts.

Das elektrische Verhalten des Baryts wurde von W. G. Hankel einer ausserordentlich umfangreichen und sorgfältigen Untersuchung unterworfen, und die Resultate derselben sind in der oben erwähnten Abhandlung mitgetheilt. Die Beobachtungen wurden mit Hülfe des bekannten, von ihm

construirten Elektrometers vorgenommen. Ehe ich meine eigenen Beobachtungen erwähne, will ich deshalb die wichtigsten Resultate Hankel's zusammenstellen: »In Betreff der Intensität der elektrischen Erregung stehen die meisten Schwerspathkrystalle mit den sächsischen und sibirischen Topasen auf gleicher Höhe, während andererseits die Krystalle gewisser Fundorte selbst die hohe Spannung der brasilianischen Topase erreichen «<sup>1)</sup>.

### Krystalle der ersten Abtheilung.

#### Elektrometrische Versuche.

Für die erste Abtheilung mag das Verhalten der Pflibramer Krystalle, welche gewöhnlich dem Typus der Fig. 7 entsprechen, nach Hankel beschrieben werden.

»Die elektrische Erregung ist gewöhnlich stark, in einzelnen Fällen sogar beträchtlich. Es werden stets die während des Erkaltens beobachteten Polaritäten angegeben. Bei vollständigen Krystallen sind die Mitten der beiden Flächen  $OP$  in grösserer oder geringerer Ausdehnung positiv (vgl. Fig. 9), nach den Enden der Makrodiagonalen hin geht aber auf diesen Flächen die positive Spannung in die negative über, welche letztere sich über die daselbst von den Flächen  $\infty P$  gebildete verticale Kante, sowie über die diesen Kanten benachbarten Theile der Fläche  $\infty P$  fortsetzt. Der übrige grössere Theil der Flächen  $\infty P$  erscheint positiv, und es breitet sich diese positive Elektricität bisweilen auch über die anliegenden Theile der Fläche  $\frac{1}{2}\bar{P}\infty (R_2)$  und die von ihnen gebildete horizontale Kante aus. Die Flächen  $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$  sammt den von ihnen gebildeten horizontalen Kanten sind negativ, jedoch greift, wie oben erwähnt, bisweilen die positive Spannung von den Flächen  $\infty P$  auf die angrenzenden Flächen  $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$  über<sup>2)</sup>.

»Werden an den Enden der Makrodiagonale die mit  $\infty P$  parallelen Durchgänge angeschlagen, so dass daselbst eine von ihnen gebildete verticale Kante entsteht, so sind diese Durchgangsflächen je nach den Umständen entweder in ihrer ganzen Ausdehnung positiv, oder es tritt ausserdem auf der von ihnen gebildeten Kante nebst den angrenzenden Theilen der Fläche  $\infty P$  noch eine schmale negative Zone, wie in vollständigen Krystallen auf.

»Ist das eine Ende der Makrodiagonale durch eine gegen dieselbe nahe senkrechte Fläche verbrochen, so zeigt diese Bruchfläche entweder in ihrer ganzen Ausdehnung positive Spannung, oder es erscheint diese positive Elektricität nur auf dem mittleren grösseren Theile, während kleinere, an die von  $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$  gebildeten horizontalen Kanten grenzende Stücke, entsprechend der Polarität dieser Kanten, sich negativ zeigen<sup>3)</sup>.

Den Einfluss der Verletzungen der Fläche  $C$ , sowie das Verhalten der

1) Die erwähnte Abhandl. S. 274.

2) Ebenda S. 283.

3) Ebenda S. 287.

Spaltflächen *C* hat Hankel »wegen Mangel an geeigneten Krystallen nur unvollkommen ermitteln können. Bei einem durchsichtigen Krystalle von Příbram, der sich durch seine starken elektrischen Spannungen auszeichnete, zeigten die durch die Mitte desselben gehenden Durchgangsfächen *OP* positive Elektricität, und zwar in abnehmender Intensität vom verbrochenen zum ausgebildeten Ende der Makrodiagonale hin, so dass an diesem letzteren Ende selbst eine schwache negative Elektricität auftrat. Bei einem anderen Krystallbruchstücke von Brand bei Freiberg zeigten die ebenfalls durch die Mitte gehenden Durchgangsfächen *OP* nur am verbrochenen Ende der Makrodiagonale mehr oder weniger ausgedehnte positive Stellen, während der grösste Theil ihrer Flächen negativ war und zwar abnehmend gegen das ausgebildete Ende der Makrodiagonale hin«<sup>1)</sup>.

### Elektrische Bestäubungsversuche.

Das Elektrometer hat vor dem bekannten Kundt'schen Verfahren einen Vorzug, wenn es sich darum handelt, nachzuweisen, ob auf einer Fläche eine nur sehr schwache Ladung vorhanden ist, und welchen Sinn dieselbe hat.

Bestäubt man z. B. eine grössere nur schwach elektrische Fläche, die in ihrer ganzen Ausdehnung zwar positiv ist, aber an verschiedenen Stellen in verschiedenem Grade, so lagert sich der Schwefel an den Stellen maximaler, die Mennige an den Stellen minimaler Erregung ab, sodass man wohl das relative Verhalten der verschiedenen Stellen zu einander, nicht aber den Charakter der ganzen Ladung erkennt. Andererseits ist das Elektrometer im Nachtheil, wenn man die verhältnissmässige Erregung einzelner Stellen vergleichen will, und zwar deshalb, weil mit diesem doch nur einzelne Punkte untersucht werden können und diese nicht einmal im selben Augenblicke, sondern zeitlich nacheinander. Dabei ist es nicht zu vermeiden, dass einzelne sich abweichend verhaltende, eng begrenzte Stellen oder Linien der Beobachtung entgehen. Besonders in letzterer Hinsicht leistet die Bestäubung mit dem Schwefel-Mennige-Pulver ganz Vorzügliches. Mit Rücksicht auf die ausserordentliche Sorgfalt, mit der Hankel seine Beobachtungen vorgenommen und mitgetheilt hat, hielt ich es für überflüssig, weiter elektrometrische Versuche anzustellen, erwartete aber von der Bestäubung eine vortheilhafte Ergänzung derselben.

### Fläche *C* = {004}.

Die Basis (vgl. Fig. 40, 44, 42) erscheint an dem ausgebildeten Ende der *b*-Axe stets negativ, am abgebrochenen Ende häufig positiv elektrisch. Die Ausbreitung der negativen Elektricität ist immer vorherrschend. Bei den an beiden Enden ausgebildeten Krystallen ist die Basis in der Mitte

1) Ebenda S. 287.

positiv, an den beiden Enden negativ. Dieses Verhalten der natürlichen Basis in der Richtung der  $b$ -Achse lässt sich immer leicht erkennen; ich fand es bei Krystallen von Příbram, Egremont, Villafranca, Alston Moor.

Eigenthümlich, aber mit dem bei den vicinalen Flächen beschriebenen Beobachtungen übereinstimmend, ist das elektrische Verhalten der Basis bei manchen Krystallen von Frizington (vgl. Fig. 43). Wenn die Basis von den parallel (440) verlaufenden Stufen durchzogen ist, dann zeigt sich bei jeder einzelnen Stufe eine starke negative Ladung der seitlichen Prismenkanten, und diese Ladungen setzen sich nach rechts und links noch etwas über die einzelnen Kanten  $C:P$  fort. Treten die Stufen weniger stark hervor, dann zieht sich eine schmale rothe Linie parallel  $b$  von der seitlichen Prismenkante (440):(410) aus über die Basis.

Ein bestimmtes Gesetz über das Verhalten der Basisfläche in der Richtung der  $a$ -Achse habe ich mit Sicherheit nicht feststellen können, doch spricht die letztere Beobachtung dafür, dass die negative Elektricität auf {004} von der Mitte aus nach den Enden der  $a$ -Achse abnimmt.

Fläche  $P = \{410\}$ .

Das Prisma  $P$  ist an den seitlichen Prismenkanten stark negativ (vgl. Fig. 40, 44, 42), an der vorderen Makrodomenkante sehr ausgesprochen positiv. Bezüglich der elektrischen Vertheilung in verticaler Richtung zeigen die Prismen ein ähnliches Verhalten wie bei den vicinalen Flächen. Bei den Krystallen von Frizington zieht sich hier oft eine feine rothe Linie horizontal mitten über die Fläche hin. Die Krystalle von Egremont, welche auf den Prismen häufig mehrere schwach ausspringende Kanten besitzen, zeigen auf diesen jedesmal eine vom ausgebildeten Ende herkommende und von dort aus abnehmende rothe Linie; von der anderen Ecke, zwischen (402):(40 $\bar{2}$ ): (440), aus verlaufen zwischen den rothen Linien feine gelbe Fäden.

In anderen Fällen sieht man eine einzige gelbe Linie, ohne eine rothe.

Die Flächen  $R_2 = \{402\}$  und  $R_1 = \{404\}$ .

Die Fläche  $R_2 = \{402\}$  erscheint immer an ihrer Combinationskante mit  $C$  negativ elektrisch, an der Kante (402):(40 $\bar{2}$ ) dagegen positiv.

Tritt zu  $R_2$  noch  $R_1 \{404\}$ , so fand ich  $R_2$  negativ,  $R_1$  positiv. Dass die laterale Kante (402):(40 $\bar{2}$ ) negativ sei, wie Hankel angiebt, konnte ich nicht beobachten, muss aber bemerken, dass, wie erwähnt, meine Beobachtungen mehr das relative Verhalten andeuten. Ein Maximum positiver Elektricität liegt sehr auffallend in der Ecke  $R : R : P$ .

Von besonderem Interesse ist die elektrische Vertheilung des in Fig. 44 dargestellten, an beiden Enden ausgebildeten Krystalls. Die horizontale Kante (402):(40 $\bar{2}$ ) ist positiv elektrisch, der obere Rand von (402), sowie der untere Rand von (40 $\bar{2}$ ), negativ. Zwischen der positiven und negativen liegt eine indifferente Zone. Die rothen Streifen biegen aber in der Mitte



des Krystalls symmetrisch nach der Lateralkante zu um und lassen eine von Pulver freie Grenzlinie parallel (040) offen, über die sich Schwefel zieht. Auch der Schwefel der Lateralkante (102):(10 $\bar{2}$ ) wurde von dieser Grenzlinie aus etwas nach rechts und links geworfen. Nach mehrmaliger Wiederholung des Versuchs erhielt der Krystall über dieselbe Grenzlinie hinweg einen feinen Riss.

Fläche  $Q = \{011\}$ .

Die Fläche  $Q = \{011\}$  gab nur eine schwache elektrische Erregung, und zwar beobachtete ich eine von der Kante (004):(011) ausgehende, nach der Kante (011):(040) abnehmende negative Ladung.

Ueber das Verhalten der Spaltflächen geben uns die Figuren 14 und 15 vollständigen Aufschluss. Es stellen dies die beiden gegenüberliegenden Flächen eines und desselben Spaltes nach  $P$  dar. Man erkennt, wie sich dieselben sowohl in horizontaler wie in verticaler Richtung genau entgegengesetzt verhalten.

Merkwürdig ist endlich noch das Verhalten feiner Risse. An Stellen, die im Allgemeinen roth waren, verlief über den Riss eine feine gelbe Linie. War der Riss in einer dünnen Platte, und die der vorigen gegenüberliegende Stelle im Allgemeinen gelb, dann zieht sich über den Riss hin durch die gelbe Partie eine rothe Linie.

### Krystalle der zweiten Abtheilung.

#### Elektrometrische Versuche.

Die wichtigsten Resultate Hankel's sind:

»In der jetzt zu behandelnden zweiten Abtheilung herrscht dagegen auf den Flächen  $OP$ , oder den an ihre Stelle getretenen Kanten, die positive Elektricität vor. Andererseits zeigt sich auf den seitlichen Flächen  $\infty P$  die negative Polarität stärker und in anderer Weise vertheilt, als auf den Krystallen der ersten Abtheilung, sie wächst auf ihnen in der Richtung von den Makrodiagonalen nach den Brachydiagonalen« (vgl. Fig. 16)<sup>1)</sup>.

»Wird ein ziemlich dicker Duftoner Krystall mit dem Durchgange  $OP$  so gespalten, dass das eine Stück nur eine geringe Dicke besitzt, so erscheint an diesem Stücke die Durchgangsfläche  $OP$  negativ; die Durchgangsfläche an dem grossen Stücke dagegen, welche an der eben zuvor genannten Durchgangsfläche des kleineren Stückes angelegen hatte, behält noch die positive Elektricität, wie solche sich auf der Krystallfläche  $OP$  findet.«

»Werden an einem ziemlich dicken Krystalle auf der hinteren Seite die Durchgangsflächen  $\infty P$  angeschlagen, so erscheinen die Durchgangsflächen nebst der von ihnen gebildeten verticalen Kante positiv, während die am freien Ende auftretenden natürlichen Flächen  $\infty P$  in das Bereich der negativen Polarität gezogen werden«<sup>2)</sup>.

1) Ebenda S. 307.

2) Ebenda S. 315.

## Elektrische Bestäubungsversuche.

Auch bei der elektrischen Untersuchung musste ich mich bei dieser Abtheilung auf wenige Krystalle beschränken. Dazu kam, dass meine Krystalle dieser Abtheilung weit weniger erregbar waren, als die der ersten Abtheilung.

Ich konnte nur nachweisen, dass auf (001) an der Kante (001):(102) und an der Kante (001):(011), auf (011) an der Kante (011):(001) sich rothes Pulver festlegte.

## Folgerungen aus dem elektrischen Verhalten der Barytkrystalle.

Das Auftreten pyroelektrischer Erscheinungen an centrisch symmetrischen Krystallen erscheint nach der gegenwärtig angenommenen Theorie der Pyroelektricität ausgeschlossen<sup>1)</sup>. Trotzdem steht der Schwerspath in dieser Hinsicht nicht allein, sodass Hankel »die Ansicht, es stehe die Thermoëlektricität der Krystalle mit dem Hemimorphismus derselben in causalem Zusammenhange, so dass jene ohne diesen nicht auftreten könne, eine völlig unbegründete« nennt. »Es treten vielmehr thermoëlektrische Erregungen auch an Krystallen auf, welche durchaus nicht hemimorph sind; sie bilden sehr wahrscheinlich eine Eigenschaft aller Krystalle, bei denen nicht die übrigen physikalischen Verhältnisse ihr Auftreten unmöglich machen, und werden auf ihnen mit dem Elektrometer nachgewiesen werden können, wenn nicht gewisse Zustände ihrer Steigerung bis zu einer für unser Instrument messbaren Höhe hinderlich sind.«

»Wenn aber an nicht hemimorphischen Krystallen thermoëlektrische Erregungen auftreten, so bedingt die gleiche Gestaltung der beiden Enden einer Axe an diesen auch eine gleiche elektrische Polarität; es werden also bei diesen Krystallen, wenn man überhaupt von elektrischen Axen reden will oder darf, nicht polare, sondern an beiden Enden gleichnamige elektrische Axen auftreten«<sup>2)</sup>. Er fasst dementsprechend das Resultat seiner Beobachtungen am Schwerspath folgenderweise zusammen:

»Auf den Krystallen beider Abtheilungen sind die Enden der Hauptaxe (c-Axe) positiv, die Enden der beiden Diagonalen der Basis negativ und, um einen kurzen Ausdruck zu gebrauchen, die Enden der in der Basis liegenden Zwischenachsen wieder positiv. Entsprechend der Art der Bildung sind aber die Ausdehnungen der positiven und negativen Zonen auf den Krystallen der beiden Abtheilungen verschieden«<sup>3)</sup>.

Ich fand diese Regel im Ganzen bestätigt; aber das Auftreten nicht polarer, sondern an beiden Enden gleichnamiger elektrischer Axen widerspricht so sehr allen anderen elektrischen Erscheinungen, dass man sich

1) Vergl. diese Zeitschr. **21**, 422.

2) Die erwähnte Abhandlung S. 334.

3) Ebenda S. 329.

mit dieser Erklärung nicht zufrieden geben darf. W. Voigt bemerkt in dieser Hinsicht: »Ob bei der ziemlich starken Erwärmung des Innern und der oberflächlichen Abkühlung nicht vielleicht schon die Temperaturdifferenz zu beiden Seiten der Oberflächenschicht genügt hat, um die Richtung nach aussen derjenigen nach innen ungleichwerthig zu machen, ist schwer zu entscheiden.« Das angegebene Verhalten von Spaltstücken findet jedoch durch diese Annahme keine Erklärung.

Bezeichnen wir als positive Krafrichtungen diejenigen, welche von den beim Erkalten negativen Stellen nach den positiven hinführen, dann ist das Verhalten der Krystalle der ersten Abtheilung durch Fig. 47 bestimmt. Aus der Beobachtung, dass die in der Fläche liegenden — tangentialen — Krafrichtungen auf zwei gegenüberliegenden Flächen eines und desselben Spaltes entgegengesetzt gerichtet sind, folgt, dass dies auch der Fall sein muss bei zwei parallel gegenüberliegenden Flächen eines und desselben hinreichend dünnen Stückes. Nach Hankel ist ferner in diesem Falle die eine Fläche überwiegend positiv, die andere negativ. Wir werden dementsprechend tangentiale und normale Krafrichtungen annehmen, von welchen die ersteren auf zwei gegenüberliegenden Flächen entgegengesetzt (enantio-polar) sind, während die letzteren auf der einen Fläche eintreten, auf der gegenüberliegenden austreten.

Denken wir uns nunmehr einen Würfel nach den drei Pinakoiden, der dem Oktanten vorn, oben, rechts eines Krystalles der ersten Abtheilung entnommen ist, so ist dessen elektrisches Verhalten durch Fig. 48 angedeutet. Dabei ist die verticale Richtung auf  $a = (100)$  aus der Hankel'schen Beobachtung abgeleitet, dass die horizontale Kante  $(102):(10\bar{2})$  negativ sei; die horizontale Richtung auf  $b = (010)$  aus der Beobachtung Hankel's, dass die Bruchflächen senkrecht zur  $b$ -Axe in der Mitte positiv, am vorderen und hinteren Ende der  $a$ -Axe negativ seien, die natürliche Fläche sich also umgekehrt verhalten muss. Die zu  $c = (001)$  normale Richtung ist ebenfalls aus der Beobachtung Hankel's abgeleitet, dass die natürlichen Basisflächen negativ seien.

Bezüglich der verticalen Richtungen folgen die natürlichen Flächen  $R$  der Fläche  $c$ ,  $Q$  der Fläche  $b$ ,  $P$  in manchen Fällen der Fläche  $a$ , in anderen Fällen der Fläche  $b$ .

Das elektrische Verhalten der zweiten Abtheilung ist durch die Figuren 49 und 20 angedeutet. Bei dem Würfel der ersten Abtheilung gilt als Regel, dass die Krafrichtungen zweier benachbarter Flächen zur gemeinsamen Kante symmetrisch verlaufen. Mit Hülfe dieser Regel und der Bemerkung Hankel's, dass die Enden der  $a$ - und der  $b$ -Axe negativ sein sollen, lässt sich Fig. 20 zu Fig. 24 ergänzen.

Berücksichtigen wir nicht nur einen Oktanten, sondern den ganzen

Krystall, so wird dessen Verhalten bei der ersten Abtheilung durch Fig. 22, bei der zweiten durch Fig. 23 angedeutet.

An den Grenzen der Oktanten findet also jedesmal ein Richtungswechsel für die zu der betreffenden Grenze senkrechten Kraftlinien statt. Dies gilt nicht nur für die tangentialen, sondern auch für die normalen Kraftlinien. Besonders deutlich geht dies aus dem erwähnten Verhalten der Spaltstücke von Duftoner Krystallen hervor; aber auch die beschriebenen Erscheinungen an Přibramer Spaltstücken lassen sich unter dieser Annahme ohne besondere Schwierigkeit erklären.

Das elektrische Verhalten der Schwerspathkrystalle lässt also dieselben Zwillinge wiedererkennen, die wir schon früher durch die vicinalen Flächen erkannt und dort als Richtungs-zwillinge bezeichnet haben. Wir finden aber hier diese Richtungsverschiedenheit nicht nur auf natürlichen Oberflächen, sondern auch auf künstlichen Spaltflächen.

Da wo die Zwillingsgrenze über eine Kante oder eine Fläche hinweggeht, bewirken die von beiden Seiten zusammenstossenden gleichartigen Pole eine vermehrte elektrische Erregung. Dies zeigt sich bei der ersten Abtheilung in der parallel  $b$  mitten über die Basis verlaufenden Grenzlinie und auf der verticalen Prismenkante  $(110):(\bar{1}\bar{1}0)$  durch das stärkere Hervortreten der negativen Elektricität. Ist auch die parallel dem Brachypinakoid verlaufende Zwillingsgrenze vorhanden, so ist dies erkenntlich durch die positive Elektricität auf der Basismitte, durch das Umbiegen der rothen Streifen auf  $(102)$  und das Absetzen des gelben Streifen auf der Mittelkante  $(402):(40\bar{2})$ .

Die horizontalen Kraftlinien des Prismas folgen vielleicht aus demselben Grunde bei der ersten Abtheilung denjenigen des Brachypinakoids, bei der zweiten denjenigen des Makropinakoids (vgl. Fig. 22 und 23).

### Aetzversuche.

Aetzversuche am Baryt sind schon mehrfach angestellt worden. Nachdem ich in meiner Mittheilung: »Die Mineralien der Aragonitgruppe« (diese Ztschr. 14, 375) aus dem elektrischen Verhalten und den Aetzversuchen den Nachweis geführt, dass die gewöhnlichen Aragonitkrystalle Zwillinge nach  $(010)$  und  $(001)$  seien und auch bereits für den Baryt zu demselben Resultate gelangt war (Sitzungsbericht des naturwissenschaftlichen Vereins zu Mülhausen i. Els. vom 6. Dez. 1888, diese Zeitschr. 15, 511), erschien (diese Zeitschr. 15, 576) eine Mittheilung von J. Valentin: »Ueber Baryt aus dem Kronthal im Elsass; natürliche und künstliche Aetzfiguren«. Dieselbe giebt einige Angaben über die älteren Beobachtungen von Aetzfiguren am Baryt, sodass ich auf die Literaturangabe verzichten kann. Ausserdem enthält diese Mittheilung einige neue Beobachtungen und kommt auf Grund



derselben zu folgendem Resultate: »Die Anordnung sowohl der natürlichen als auch der künstlichen, mono- oder disymmetrischen Aetzfiguren entspricht in den mir bekannt gewordenen Fällen der Symmetrie der rhombischen Holoëdrie. Ausnahmen machen nur in manchen Fällen die Basisfiguren des Kronthaler Vorkommens. Doch erschwert hier die ausserordentliche Zartheit und Kleinheit der Figuren die Untersuchung und verbietet es, auf diese Erscheinung hin für den Baryt Symmetrieverhältnisse anzunehmen, welche von denen der holoëdrisch-rhombischen Krystalle abweichen.«

Das Aetzen geschah bei meinen eigenen Beobachtungen so, dass theils ganze Krystalle, theils Spaltungsstücke in kochender Lösung von  $K_2CO_3$ , die bald mehr, bald weniger concentrirt war, geätzt wurden.

### Krystalle der ersten Abtheilung.

Die nachstehende Beschreibung bezieht sich auf Krystalle von Příbram.

#### 1) Fläche $C = \{004\}$ .

Bei mässiger Einwirkung erscheinen auf (004) sechsseitige Aetzgruben (vergl. Fig. 24), welche von der Pyramide  $o_4 = (124)$  und dem Makrodoma  $r_2 = (102)$  gebildet werden; dazu tritt häufig am Grunde die steilere Pyramide  $o_2 = (362)$ , diese letztere erscheint wegen ihrer steilen Lage im durchgehenden Lichte als dunkler Rhombus. Die Flächen wurden bestimmt aus der Neigung ihrer basischen Schnittkanten gegen die Axen  $a$  und  $b$ , sowie aus den horizontalen und verticalen Abständen zwischen diesen Kanten und den Spitzen der Aetzgruben.

Besonders bei stärkerer Einwirkung erkennt man, dass bei einigen Gruben von der Spitze aus sich ein anomaler langer schmaler Fortsatz bildet in der Richtung der  $b$ -Axe, und zwar sind diese Fortsätze auf den natürlichen Flächen vom ausgebildeten Ende weggerichtet. Wird dagegen eine dünne Spaltungslamelle geätzt, so erscheinen auf der natürlichen Fläche alle Fortsätze wie vorhin, auf der gegenüberliegenden Spaltfläche umgekehrt.

#### 2) Fläche $P = \{110\}$ .

Die Aetzfiguren auf den Prismenflächen haben verschiedenes Aussehen (vergl. Fig. 25, 26, 27). Unter den Flächen herrschen meist  $\bar{p}_2 = (\bar{2}10)$  und  $p_2 = (210)$ . Ausserdem treten noch verschiedene Prismen auf, die dem Grundprisma (110) näher liegen und deshalb mit diesem spitze Figuren bilden. Auch  $p = (110)$  findet sich häufig am Grunde der Figuren; ferner treten auf  $q^1 = (02\bar{3})$  und  $o_3 = (133)$ , welche beide mit (110) in einer Zone liegen, und deren Zonenaxe mit der Verticalen einen Winkel von  $55^\circ 54'$  bildet. Auch Formen aus der Zone (110):(114) kommen vor, sie bilden auf (110) horizontale Kanten. Durch das Vorherrschen von (210) oder allgemein ( $n10$ ) sind die Figuren auf (110) meist nach dem Ende der  $b$ -Axe vertical begrenzt, nach dem Ende der  $a$ -Axe spitz zulaufend.

Anomale Aetzfiguren auf (110) habe ich bei Krystallen der ersten Abtheilung nicht beobachtet.

### 3) Fläche $R_2 = \{102\}$ .

Auf dem Makrodoma  $R_2$  treten stets auf:  $r_4 = (104)$ , dazu  $o_2 = (122)$  und  $p_2 = (210)$  oder auch  $p = (110)$ ; am Grunde der Figuren zuweilen  $r_2 = (102)$  (vgl. Fig. 28, Taf. II). Diese Aetzgruben haben drei- oder fünfseitige Umrisse und kehren die Fläche  $r_4$  nach der Lateralkante  $R_2: R_2 = (102):(10\bar{2})$ , eine von zwei Flächen  $p_2$  gebildete Spitze nach (001). Andere Figuren haben mehr die Form eines Briefumschlages (vergl. Fig. 29); sie werden gebildet von  $r_4 = (104)$ ,  $r_3 = (302)$  und  $o_2 = (122)$ ;  $r_3$  liegt nach der Basis,  $r_4$  nach der Lateralkante.

Die Fläche  $r_3$  setzt sich sehr häufig in die gegenüberliegende Fläche  $r_4$  als schmale Spitze fort; ziemlich steile Flächen bilden dann gewissermassen die Böschung zwischen dem höher liegenden Theile von  $r_4$  und dem engen Einschnitte von  $r_3$  (vergl. Fig. 30). Auch die Flächen  $p$  setzen sich mitunter in derselben Weise in der Richtung  $r_4$  fort und bilden dann oft eine unter  $r_4$  sich fortsetzende nadelförmige, im durchgehenden Lichte völlig dunkel erscheinende Linie, die meist sich noch weiter erstreckt, als die sonstige Aetzfigur (vergl. Fig. 34). Die Fortsätze sind nach oben bald offen, bald geschlossen.

Diese senkrecht zur Lateralkante gerichteten Fortsätze stehen zwar mit der holoëdrischen Symmetrie des rhombischen Systems nicht im Widerspruch, aber das Einschneiden einer Fläche in eine andere entspricht ebensowenig der Regel, wie etwa das Auftreten einspringender Winkel auf Krystalloberflächen. Die Ursache dieser Fortsätze ist also in der Vertheilung der Moleküle im Raume nicht begründet, sie muss dieselbe sein, wie die der erwähnten anomalen Fortsätze.

Auch anomale Figuren sind auf  $R_2$  nicht selten. Entweder schneidet  $r_2$  in  $o_2$  ein (vergl. Fig. 32) oder  $r_4$  in  $o_2$  oder  $p_2$  (vergl. Fig. 33 und 34) oder endlich die eine Fläche  $p_2$  in die andere (Fig. 35). Auf allen vier Flächen  $R_2$  setzen sich diese Einschnitte in anomaler Weise von dem ausgebildeten Ende aus nach dem entgegengesetzten hin fort.

### 4) Fläche $Q = \{011\}$ .

Die Aetzfiguren auf  $Q = (011)$  (vergl. Fig. 36 und 37) bilden vier- oder dreiseitige Gruben, welche begrenzt werden von  $p = (110)$  und  $o_4 = (124)$  oder von  $p = (110)$  und  $c = (001)$ . Das von  $p:p$  gebildete spitze Ende ist nach der Basis gerichtet.

Anomale Aetzfiguren habe ich auf  $Q$  nicht beobachtet.

### Krystalle der zweiten Abtheilung.

Die sämmtlichen Aetzversuche dieser Abtheilung sind an völlig klaren Krystallen von Dufton vorgenommen worden. Sie beschränken sich auf die Basis und das Prisma.

#### 1) Fläche $C = \{004\}$ .

Die normalen Aetzfiguren sind denen der ersten Abtheilung völlig gleich, aber die normale Gestalt der Aetzgruben erleidet hier bei starker Concentration und längerer Einwirkung mancherlei Abänderungen. So dringt die eine der beiden Flächen  $r_2$  weit über die Mitte hinaus vor und schneidet noch in die gegenüberliegende Fläche  $r_2$  ein; ebenso vergrössern sich die beiden jener Fläche benachbarten Pyramiden auf Kosten der gegenüberliegenden Flächen, welche dann natürlich entsprechend steiler werden müssen und schliesslich im durchgehenden Lichte nur noch als scharfe schwarze Linien sichtbar bleiben, die in der Mitte von  $r_2$  unterbrochen werden (vergl. Fig. 38). Zuweilen treten statt  $r_2$  und  $o_4$  Formen auf, die der Basis so nahe liegen, dass sie nicht mehr zu erkennen sind, und sind dann nur noch zwei dunkle Linien parallel der  $b$ -Axe zu erkennen.

An die vorgeschobene Spitze von  $r_2$  setzten sich dann auch mitunter noch die von den steilen Flächen  $o_2$  gebildeten dunklen Rhomben, entweder ganz klein ausgebildet, wie in Fig. 39, oder grösser, wie in Fig. 40. Endlich wiederholt sich zuweilen das Einschneiden in die eine Fläche  $r_2$  bei einer und derselben Figur, und es treten Gestalten auf, wie Fig. 41, bei welchen die Spitze dann tief unter die Oberfläche kommt. In Folge der rhombischen Vertiefung in der einen Fläche  $r_2$  wird in seltenen Fällen auch an der Spitze der anderen Fläche  $r_2$  ein kleines steileres Brachydoma  $r_x$  veranlasst, das aber dann auch nur als schwarze Linie sichtbar wird (vgl. Fig. 40). Bei längerem Aetzen verschwinden die flachen Formen  $r_2$  und  $o_4$  wieder, und es bleiben nur noch die dunklen Rhomben mit einer oder auch mit zwei schwarzen, parallel  $b$  gehenden Linien übrig. Auch die weit hinausragende Spitze ist dann in vielen Fällen noch zu erkennen (vergl. Fig. 42), die vielfach mehr oder weniger gekrümmt erscheint.

In allen Fällen findet dieses Vorschieben von einzelnen Flächen oder Spitzen so ziemlich ausnahmslos bei allen Figuren nach derselben Richtung statt, so dass die betreffende Fläche nach der  $a$ -Axe deutlich hemimorph erscheint; bei dünnen Platten ist aber ganz ohne Ausnahme der Sinn der Hemimorphie auf zwei gegenüberliegenden Flächen entgegengesetzt. Auf der natürlichen Basisfläche sind die Spitzen von dem ausgebildeten Ende weg gerichtet.

Die Vertheilung dieser anomalen Figuren ist meistens regellos; hier und da treten sie aber auch in Reihen oder einzelnen Gruppen auf. Die zuletzt beschriebenen dunklen Figuren haben dann wohl eine gewisse Aehnlichkeit mit Kaulquappenschwärmen (vergl. Fig. 43).

Auf einer Platte zeigte sich, dass auch die parallel  $b$  verlaufenden Linien alle nur einseitig waren, und zwar auf beiden Seiten entgegengesetzt gerichtet, so dass die fischähnlichen Gestalten auf der einen Fläche rechts, auf der gegenüberliegenden links gespiesst erscheinen (vergl. Fig. 44). Diese Platte zeigt also eine Enantiopolarität sowohl nach der  $a$ -Axe als nach der  $b$ -Axe.

Endlich fand ich bei zwei Platten, die von einem Krystalle stammten, der sonst nur nach  $a$  hemimorphe Figuren lieferte, dass diese beiderseits nur nach  $b$  hemimorphe Aetzfiguren gaben (vergl. Fig. 45). Verschwinden nach längerem Aetzen die Flächen  $o_4$ , dann bleiben Gestalten wie Fig. 46. Auch diese Hemimorphie nach  $b$  ist bei beiden Platten auf den gegenüberliegenden Flächen entgegengesetzt-enantiopolar.

## 2) Fläche $P = \{110\}$ .

Die normalen Aetzfiguren sind wie vorhin von den Formen der ersten Abtheilung nicht verschieden. Dagegen sieht man anomale Erscheinungen häufig. Besonders greift die eine Fläche  $q'$  gern in die benachbarte über (vergl. Fig. 47), oder es bilden sich am Grunde zwei Flächen  $p''$  und  $q''$ , welche beide in  $q'$  einschneiden (Fig. 48). Flächenreichere Formen haben die Gestalt der Fig. 49. Endlich finden wir auch hier wieder feine, unter die Oberfläche eindringende Fortsätze, oder solche wie Fig. 50, welche bei längerem Aetzen allein noch zu erkennen sind. Dadurch wird die Figur hemimorph nach  $c$ , der Sinn der Hemimorphie ist aber auch hier auf zwei gegenüberliegenden, parallelen Flächen stets entgegengesetzt. Grenzt die Platte beiderseits an die natürliche Basisfläche, so werden durch eine horizontale Mittellinie zwei Felder mit entgegengesetzten Richtungen getrennt.

Herrschen auf der Basis die nach  $a$  hemimorphen Aetzfiguren, so haben auf je zwei in einer stumpfen Kante  $a$  zusammenstossenden Flächen  $(110)$  und  $(1\bar{1}0)$  die Figuren die gleiche verticale Orientirung (vergl. Fig. 42). Herrschen dagegen auf der Basis die nach  $b$  hemimorphen Figuren, so haben die Figuren der in einer spitzen Kante  $b$  zusammenstossenden Flächen  $(110)$  und  $(1\bar{1}0)$  die gleiche verticale Orientirung (vergl. Fig. 46).

Im ersteren Falle stossen an je zwei gegenüberliegenden stumpfen Ecken die Spitzen der basischen und prismatischen Figuren zusammen ( $a'$  und  $a''$  der Fig. 42). Im letzteren Falle geschieht dies an je zwei gegenüberliegenden scharfen Ecken ( $b'$  und  $b''$  der Fig. 46).

Bei den natürlichen Flächen  $(110)$  und  $(1\bar{1}0)$  sind die anomalen Fortsätze bei dieser Abtheilung nach der erwähnten Mittellinie gerichtet.

## Folgerungen aus den Aetzfiguren.

Während die normalen Aetzfiguren ohne Frage sich aus der Structur, d. h. der Vertheilung der Moleküle im Raume ableiten lassen, kann das beschriebene Einschneiden gewisser Flächen in die gegenüberliegenden hier-



durch nicht erklärt werden, es ist vielmehr zu vermuthen, dass die einzelnen Moleküle nach gewissen Richtungen sich von dem Lösungsmittel leichter anziehen lassen, als nach den entgegengesetzten Richtungen, dass also in dem Molekül schon der Unterschied zwischen den beiden Richtungen einer und derselben Linie begründet ist.

Die Figuren 51 und 52 stellen für die beiden Abtheilungen die Richtungen der erwähnten Fortsätze dar.

Ein rings ausgebildeter Barytkrystall ist also auch bezüglich der Aetzfiguren ein Richtungszwilling und besteht aus acht zu den drei Pinakoiden symmetrisch orientirten Theilen.

Aus den anomalen Aetzfiguren geht mit Sicherheit hervor, dass die Polarität der Barytmoleküle nicht nur eine vorübergehende, bei der Erwärmung oder Abkühlung eintretende, sondern eine dauernde Eigenschaft derselben ist, zu deren Beobachtung sich allerdings nicht alle Krystalle in gleicher Weise eignen. Bei grösseren Flächen sieht man gar nicht selten zwischen den Stellen mit einer solchen Orientirung, wie ich sie vorhin beschrieben, auch einzelne Stellen mit entgegengesetzter Orientirung. Ein Bedenken könnte vielleicht auch darin gefunden werden, dass die Theorie für centrisch symmetrische Krystalle — sowohl Aragonit als auch Baryt bleiben dies auch bei Berücksichtigung der anomalen Erscheinungen, vergl. S. 92 — keine Pyroelektricität kennt. Es darf deshalb die Frage erörtert werden, ob den betreffenden Krystallmolekülen die polaren Eigenschaften an und für sich zukommen, oder ob die letzteren nur durch fremde zufällige Einflüsse in den betreffenden Krystallen hervorgerufen wurden, d. h. ob sie gewissermassen nur pathologische Erscheinungen seien. Das letztere halte ich nur für wenig wahrscheinlich. Die polaren Erscheinungen fand ich am charakteristischsten bei absolut klaren Krystallen. Ferner erscheint mir bei der Annahme polarer Moleküle das Zurücktreten der polaren Eigenschaften durch Zwillingbildung viel leichter verständlich, als bei der Annahme von Molekülen mit rhombisch-holoëdrischer Symmetrie das Auftreten der erwähnten polaren Erscheinungen. Für das erstere existiren bekanntlich unzweifelhafte analoge Fälle, für das letztere meines Wissens nicht. Sobald man genügend kleine Spaltstücke ätzt, dann zeigen die Figuren entweder genau das Verhalten, wie es in der Figur 42 oder 46 angegeben, oder aber man erhält überhaupt keine anomale Figur. Das letztere müsste z. B. immer dann eintreten, wenn wir die Zwillingsgrenzen sehr nahe neben einander und sehr zahlreich dächten. In diesem Falle wären dann auch die anderen polaren Eigenschaften des Moleküls zwar noch vorhanden, aber nicht mehr zu erkennen. — Dass die Theorie im vorliegenden Falle keine Pyroelektricität kennt, ist die Folge einer für diesen Fall zu engen Grundvorstellung über die elektrische Anordnung bei dem elementaren Würfel, von welcher die Fundamentalgleichungen abhängen (vgl. S. 94).

Wir dürfen somit annehmen, dass das Krystallmolekül des Baryts in der That dauernde polare Eigenschaften besitzt. Ob aber diese letzteren auch dem frei gedachten Krystallmoleküle zukommen, oder aber, ob nicht etwa erst während der tangentialen Anlagerung eine bestimmte elektrische Vertheilung im Moleküle eintritt, mag vorläufig unentschieden bleiben.

Zu den vorbeschriebenen Untersuchungen wurde ich veranlasst durch die Beobachtung, dass manche Krystalle, die gewöhnlich holoëdrisch auftreten, nicht selten auffallend hemiëdrisch ausgebildet erscheinen. Speciell fand ich dies an Strontianitkrystallen vom Kaiserstuhl. Dass hemiëdrisch krystallisirende Körper durch Ausbildung von positiven und negativen Formen holoëdrische Symmetrie gewissermassen nachahmen, ist nichts Seltenes. Aber für die umgekehrte Erscheinung wusste ich keine Erklärung. Da Strontianitkrystalle für derartige Versuche wie die vorigen kein passendes Material liefern, so wendete ich mich zum Aragonit. Hier wurde ich durch die Aetzversuche zuerst auf das entgegengesetzte Verhalten zweier gegenüberliegender Flächen bei dünnen Platten (Enantiopolarität) und gleichzeitig auf ein mit den Aetzfiguren analoges elektrisches Verhalten aufmerksam. Für derartige Untersuchungen schien mir dann der Baryt viel geeigneter wegen der vollkommenen Spaltbarkeit nach drei Richtungen und wegen der stärkeren elektrischen Erregbarkeit. Nach den gleichlautenden Resultaten der Beobachtungen am Aragonit und Baryt halte ich jene Frage für abgeschlossen:

»Die Hemiëdrie der gewöhnlich holoëdrischen Körper erklärt sich dadurch, dass nicht immer alle Theile des Richtungs-zwillings ausgebildet sind.«

### Pyroëlectricität, Auflösung und Bildung der Krystalle.

Aus den Beobachtungen des vorigen Abschnittes folgen für den Baryt die Regeln:

- 1) Die positiven Kraftlinien fallen bei beiden Abtheilungen mit den Richtungen der leichteren Löslichkeit durch  $K_2CO_3$  zusammen.
- 2) Die positiven Kraftlinien fallen bei den Krystallen der ersten Abtheilung mit den bevorzugten Wachstumsrichtungen zusammen.
- 3) Die positiven Kraftlinien verlaufen bei den Krystallen der zweiten Abtheilung mit den bevorzugten Wachstumsrichtungen parallel, aber entgegengesetzt.

Der vorliegende Abschnitt soll diesen Zusammenhang erklären.

Den Beobachtungen entsprechend haben wir für einen sehr kleinen Würfel, dessen Flächen den drei Pinakoiden (100), (010) und (001) parallel gehen, die allgemeinste Annahme gemacht, dass zu jeder Fläche eine normale und zwei tangentiale elektrische Kraftlinien gehören. Die auf der

(senkrecht zur  $a$ -Axe gelegenen)  $+x$ -Fläche zum Ausdrucke kommenden elektrischen Kräfte seien  $x_x, y_x, z_x$ ; auf der  $+y$ -Fläche seien dieselben  $y_y, z_y, x_y$ ; auf der  $+z$ -Fläche entsprechend  $z_z, x_z, y_z$ ; dann sind nach den Beobachtungen die auf den gegenüberliegenden negativen Flächen auftretenden Kräfte (mit Berücksichtigung ihrer Richtungen im Raume):

$$\begin{array}{lll} x_{-x} = x_x, & y_{-x} = -y_x, & z_{-x} = -z_x, \\ y_{-y} = y_y, & z_{-y} = -z_y, & x_{-y} = -x_y, \\ z_{-z} = z_z, & x_{-z} = -x_z, & y_{-z} = -y_z. \end{array}$$

Geht also auf der  $+x$ -Fläche die zu ihr senkrechte positive Krafterichtung nach innen, so geht sie bei der  $-x$ -Fläche nach aussen.

Nach den bisherigen Beobachtungen scheint es aber nicht ausgeschlossen, dass für die centrisch symmetrischen Krystalle die drei Kräfte  $x_x, y_y, z_z$  gleich Null zu setzen sind. Geschieht dies, dann bleibt der einfache Barytkrystall auch in elektrischer Hinsicht centrisch symmetrisch; d. h. »jede durch das Symmetriecentrum gelegte Grade trifft zu beiden Seiten in gleichem Abstände vom Centrum gleichwerthige Punkte des Krystalls«.

Das Vorherrschen der positiven Elektricität auf der einen Basisfläche, der negativen auf der anderen bei dünnen Spaltungslamellen folgt dann daraus, dass auf jener durch Zwillingbildung in der Mitte die tangentialen positiven Pole zusammenstossen, auf dieser die negativen. Dagegen besitzt der Baryt in elektrischer Hinsicht weder eine Axe, noch eine Ebene der Symmetrie. Nach der allgemein angenommenen Definition gehört ein Krystall, der nur ein Symmetriecentrum besitzt, ins trikline System. Von einem wirklich triklinen Krystalle unterscheidet sich aber der Baryt auch selbst in elektrischer Beziehung sehr wesentlich: sobald wir zwei absolut gleich starke, dem Zeichen nach entgegengesetzte elektrische Punkte als gleichwerthig ansehen würden, dann würde der Baryt auch elektrisch drei Ebenen und drei zweizählige Axen der Symmetrie, d. h. die Elemente der rhombischen Holoëdrie erhalten. Wir dürfen deshalb den Schluss ziehen, dass die Structur des Barytkrystalles, wenn wir darunter die Vertheilung der Moleküle im Raume verstehen, auch wirklich der rhombischen Holoëdrie entspricht, dass aber die Moleküle mit elektrischer Polarität behaftet sind.

Besässe der Baryt eine trikline Structur, dann dürfte man bei den kleinen Spaltungsstücken, bei denen die anomalen Aetzfiguren keinerlei Zwillingbildung mehr erkennen lassen, auch eine Abweichung in den Spaltungswinkeln (001):(110) oder in der optischen Orientirung erwarten; beides konnte ich hier nicht nachweisen. Obwohl ich dies für den Aragonit schon mehrfach, für den Baryt in meiner Mittheilung: »Die Anomalien der Krystalle«, Mülhausen 1887, ausdrücklich hervorgehoben habe, sehe ich mich doch veranlasst, dies hier nochmals besonders zu betonen.

Aus dem beschriebenen eigenthümlichen Zusammenhange zwischen den Aetzfiguren der Basis und des Prismas, nach dem entweder die beiden Prismenflächen (110) und ( $\bar{1}\bar{1}0$ ), oder aber die Flächen (110) und ( $\bar{1}10$ ) die gleiche Orientirung besitzen, je nachdem auf der Basis die Aetzfiguren nach der  $a$ -Axe oder nach der  $b$ -Axe hemimorph sind, folgt ferner, wenn wir aus obigen Regeln auf einen causalen Zusammenhang zwischen den Aetzfiguren und den elektrischen Kraftrichtungen schliessen, dass  $y_x$  proportional mit  $x_y$ ,  $z_x$  mit  $x_z$  und  $y_z$  mit  $z_y$ .

Diese drei Proportionalitäten ergeben sich aber auch als nothwendige Folge der allgemein beobachteten Erscheinung, dass auf je zwei gegenüber liegenden Flächen die Kraftrichtungen entgegengesetzt sind, d. h. aus den Gleichungen:  $y_{-x} = -y_x$  etc. Fig. 58, Taf. II liefert hierzu den einfachsten Beweis: die von links nach rechts gehende Kraftrichtung  $y_z$  auf der Fläche  $z$  bestimmt auch die von unten nach oben gerichtete Kraftrichtung  $z_y$  auf der Fläche  $y$  und umgekehrt.

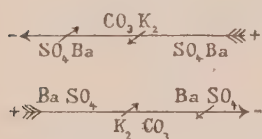
Als ich beim Aragonit beobachtete, dass durch Zwillingsbildung nach (010) vereinzelte Stellen die entgegengesetzte Orientirung der anomalen Aetzfiguren zeigen wie die Umgebung, liess mich dies schon damals erkennen, wie vorsichtig man bei der Deutung von Aetzfiguren sein muss. »Um keinen Zweifel darüber aufkommen zu lassen, dass diese Orientirung nicht etwa auf einen fehlerhaften Schliff zurückzuführen sei, wurden die (basischen) Platten auch absichtlich schief gegen (010) geneigt zugeschliffen.« Die Platte wurde zuerst mehrere Grade zuviel nach rechts, dann mehrere Grade zuviel nach links neigend geschliffen. Die Orientirung der anomalen Aetzfiguren wurde hierdurch nicht geändert (vergl. diese Zeitschr. 1888, 14, 380). Konnte also für mich schon damals kein Zweifel bestehen, dass die anomalen Aetzfiguren auf eine innere gesetzmässige Eigenschaft des Krystalles zurückzuführen seien, so darf ich durch den Nachweis des Zusammenhanges zwischen den Aetzfiguren auf (110) und (001), den ich bei etwa 400 Platten bestätigt, bei keiner widerlegt fand, wohl erwarten, dass der Vorwurf, die erwähnten Figuren seien von äusserlichen Zufälligkeiten abhängig, als endgiltig beseitigt betrachtet werden kann.

E. Riecke fand (vergl. diese Zeitschr. 13, 577; 15, 312), dass die bei der Abkühlung eines Turmalinkrystalles auftretende pyroelektrische Ladung noch nach längerer Zeit, bis zu 30 Stunden, zu erkennen ist, wenn der Turmalin sich in einem möglichst trockenen und schwach verdünnten Luft- raume befindet. Er schloss daraus, dass die Moleküle desselben in der Richtung seiner Hauptaxe eine permanente Polarität besitzen, und dass der Oberfläche desselben eine gewisse elektrische Leitungsfähigkeit zukomme. Diese letztere giebt Veranlassung zu der Bildung einer elektrischen Ober-



flächenschicht, welche der mit der molekularen Elektrizität äquivalenten Oberflächenbelegung gerade entgegengesetzt ist und daher die Wirkungen der letzteren für gewöhnlich compensirt. Da diese Compensation nicht so rasch erfolgt, als die Aenderung der molekularen Polarität bei der Erwärmung und Abkühlung, und zwar um so langsamer, je schlechter die Oberfläche leitet, so wird nach dieser Theorie nur die Differenz zwischen der elektrischen Polarität der Moleküle und der jeweiligen Compensation in die Erscheinung treten. Ist diese Theorie richtig für den Turmalin, dann dürfen wir sie auch auf den Baryt übertragen. Wir müssen annehmen, dass die Wärme selbst die elektromotorische Kraft für die Entstehung des elektrischen Zustandes ist, dass also die Polarität mit erhöhter Temperatur zunehme, wenn auch durch etwaige, mit der Temperatur steigende Leitungsfähigkeit keine directe Proportionalität zwischen Temperatur und freier Ladung zu erkennen sein sollte. Steigt aber die elektrische Ladung der Moleküle mit der Temperatur, dann dürfen wir schliessen, dass die unmittelbar nach der Erwärmung des Baryts zu beobachtende freie Ladung dem Sinne nach mit der permanenten Ladung der Moleküle übereinstimme, dass also die oben angegebenen, bei der Abkühlung auftretenden Ladungen zu den permanenten Polen der Moleküle entgegengesetzt sind.

Die beobachteten Aetzfiguren des Baryt zeigen also, dass die Auflösung des  $BaSO_4$  mit  $K_2CO_3$  von den (permanent) elektrisch positiven Stellen aus nach den elektrisch negativen leichter vor sich geht als umgekehrt. Als die wirksameren Bestandtheile haben wir hierbei auf Seiten des Lösungsmittels das Kalium, auf Seiten des Krystalles die Schwefelsäure; die weniger wirksamen Bestandtheile sind für das Lösungsmittel die Kohlensäure, für den Krystall das Baryum. Bedeute der grössere horizontale Pfeil die Richtung von der (permanent) elektrisch positiven nach der elektrisch negativen Seite, so schreitet bei der Auflösung von den beiden stärker wirkenden Bestandtheilen das Kalium leichter nach der negativen, die Schwefelsäure leichter nach der positiven Seite vor, d. h.:



Die Auflösung des Krystalles  $BaSO_4$  durch  $K_2CO_3$  erfolgt, dem Gesetze der Elektrolyse entsprechend, derartig, dass das stärkere Kation ( $K_2$ ) des Lösungsmittels vorwiegend nach der negativen Seite, das stärkere Anion ( $SO_4$ ) des Krystalles

vorwiegend nach der positiven Seite wandert.

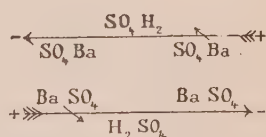
Würde ein Lösungsmittel angewendet, dessen Säure der des Krystalles gleich, dessen Basis aber schwächer ist, als die des Krystalles, so müsste man hiernach erwarten, dass die Auflösung des Krystalles nach der elektrisch positiven Richtung leichter vor sich gehe. Zur Prüfung dieser Frage suchte ich auf Krystallen der ersten Abtheilung (von Přibram) mit concentrirter

Schwefelsäure anomale Aetzfiguren zu erzeugen. Auf  $R_2$  (vergl. Fig. 53) fand ich dieser Erwartung entsprechend, dass sich  $r_4$  und  $o_2$  überall auf Kosten von  $r_3$  vergrössern, dass ferner diesmal umgekehrt wie bei der Aetzung mit  $K_2CO_3$  von  $r_4$  aus sich Fortsätze in  $r_3$  verschieben. Dagegen wiesen diese Fortsätze in weitaus den meisten Fällen, wie bei der Aetzung mit  $K_2CO_3$ , nach dem abgebrochenen Ende. Auch erscheint die Fläche  $r_4$  in vielen Fällen (vergl. Fig. 54) nach dieser Seite (a) tiefer als in der benachbarten Ecke (b). Obwohl ich durch diese Beobachtung anfangs überrascht wurde, steht sie doch mit der vorigen Regel durchaus in Einklang. Bei der Auflösung mit  $K_2CO_3$  greift das Lösungsmittel auf  $R_2 = (102)$  vorwiegend von oben nach unten an, bei der Auflösung mit  $H_2SO_4$  von unten nach oben; nun hatte die elektrische Untersuchung ergeben, dass die Fläche  $R_2$  in der Richtung der  $b$ -Axe bei der Kante  $(102):(001)$  gerade die entgegengesetzte Polarität besitzt, wie bei der Kante  $(102):(10\bar{2})$  (vergl. Fig. 17, Taf. I). Es muss also in Folge dessen dieselbe Erscheinung eintreten, als ob im ersten Falle die obere Basisfläche  $(001)$  mit  $K_2CO_3$ , im letzteren Falle die dicht darunter liegende Spaltfläche  $(00\bar{1})$  mit  $H_2SO_4$  geätzt würde.

Auf der Basis  $c = (001)$  erhielt ich mit  $H_2SO_4$  zwar keine anomalen Fortsätze wie mit  $K_2CO_3$ , indessen ist häufig zu beobachten, dass die eine Hälfte der Flächen  $r_2$  und  $o_4$  auf Kosten der anderen sich vergrössert. Bei der Aetzung mancher natürlicher Flächen fand ich der Erwartung entsprechend, dass dieses leichtere Vorrücken bei allen Figuren nach dem ausgebildeten Ende der  $b$ -Axe geschieht. Bei anderen Krystallen fand ich, wie es nach den Beobachtungen mit  $K_2CO_3$  ebenfalls nicht anders zu erwarten war, dass die Fläche  $(001)$  nicht einheitlich ausgebildet ist, sondern die Figuren vielfach in Zwillingstellung nach  $(010)$  zu einander stehen.

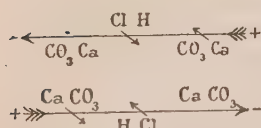
Es folgt demnach:

Die Auflösung des Krystalles  $BaSO_4$  durch  $H_2SO_4$  erfolgt dem Gesetze der Elektrolyse entsprechend derartig, dass das stärkere Kation ( $Ba$ ) des Krystalles vorwiegend nach der negativen Seite wandert.



Bei der Aetzung des Biliner Aragonits lag ein Krystall ( $CaCO_3$ ) vor, dessen basischer Bestandtheil der stärkere ist, und ein Lösungsmittel ( $HCl$ ), bei welchem das Anion  $Cl$  überwiegt. Es war also zu erwarten, dass die Auflösung leichter nach der elektrisch-positiven Seite fortschreite. Ich habe in dieser Ztschr. 19, 252 die wichtigsten Resultate der Hankel'schen Beobachtung und daselbst 19, 249 meine Resultate beim Aetzen mitgetheilt. Fig. 55, Taf. II zeigt die positiven Kraftlinien, d. h. die Richtungen, welche von den permanent positiven nach den permanent negativen (d. h. von den bei der Abkühlung negativen zu den bei der Abkühlung positiven) Stellen

hinführen. Fig. 56 zeigt die Richtungen der leichteren Auflösung. Wir erkennen aus beiden Figuren, dass dieses Resultat der Erwartung entspricht, d. h.:



Die Auflösung des Krystalles  $\text{CaCO}_3$  durch  $\text{HCl}$  erfolgt dem Gesetze der Elektrolyse entsprechend derartig, dass das stärkere Kation ( $\text{Ca}$ ) des Krystalles vorwiegend nach der negativen Seite, das stärkere Anion ( $\text{Cl}$ ) des Lösungsmittels vorwiegend nach der positiven Seite wandert.

Andere Krystalle sind in dieser Weise bis jetzt nicht untersucht, aber die erwähnten Thatsachen dürften genügen zum Beweise, dass

die Auflösung der Krystalle und die elektrische Polarität der Moleküle in einem causalen Zusammenhange stehen.

Für den Turmalin fand E. Riecke (vergl. diese Zeitschr. 15, 343 und 21, 426), dass bei einer Abkühlung um  $400^\circ$  ein ziemlich regelmässig sich verhaltender Turmalinkrystall eine elektrische Endflächendichtigkeit von 60 Einheiten (cm.g.s.) entwickelte, während bei einer Influenzmaschine die grösste Dichtigkeit der auf der rotirenden Scheibe angesammelten Elektrizität nur sechs Einheiten betrug. Nun ist nach der Theorie desselben Forschers die zu beobachtende elektrische Erscheinung nur die Wirkung der der Temperaturdifferenz entsprechenden elektrischen Differenz, und die wahre Grösse der permanenten elektrischen Polarität muss einer noch wesentlich höheren Grössenordnung angehören. Wenn schon jene elektrische Differenz Wirkungen hervorbringt, wie die Anziehung von Schwefel- und Mennige-Pulver auf verhältnissmässig beträchtliche Entfernungen, dann muss die permanente elektrische Polarität des Turmalins unzweifelhaft sowohl auf den dauernden Zusammenhang der Moleküle, als auch auf die Anziehung derselben bei der Krystallbildung einen hervorragenden Einfluss haben. Es wäre dann aber sehr merkwürdig, wenn bei Krystallen ohne Centrum der Symmetrie, wie beim Turmalin, eine solche enorme krystallbildende Kraft in Wirkung käme, die bei den centrisch-symmetrischen Krystallen fehlte, während doch ein Unterschied zwischen den Krystallen der beiden Kategorien in Bezug auf Leichtigkeit ihrer Entstehung nicht bekannt ist. Nachdem wir gesehen, dass die pyroelektrischen Erscheinungen bei der einen Kategorie ebenso gesetzmässig erfolgen, wie bei der anderen, und nachdem wir an centrisch-symmetrischen Krystallen den Einfluss der Elektrizität auf die Zerstörung des Krystallgefüges erkannt haben, müssen wir also auch einen ähnlichen causalen Zusammenhang beim Aufbau desselben erwarten.

Nach meinen Beobachtungen erfolgt dieser nach den Regeln 2) und 3). Die Flächen der Barytkrystalle der ersten Abtheilung wachsen hiernach tangential von der permanent positiven Seite aus nach der negativen. Die Barytkrystalle der ersten Abtheilung wachsen also derartig, dass die zuletzt angeschossenen Moleküle ihre freien negativen Enden gegen die Lösung kehren (s. Fig. 59, Taf. II); die Barytkrystalle der zweiten Abtheilung verhalten sich umgekehrt.

Vielleicht dürfen wir annehmen, dass die Lösung, aus welcher sich die Krystalle der ersten häufigeren Abtheilung bildeten, jenem Krystall gegenüber elektrisch positiv war; da in  $BaSO_4$  der negative Bestandtheil  $SO_4$  überwiegt, so könnte schon eine neutrale Lösung diese Bedingung erfüllen. Die Krystalle der selteneren zweiten Abtheilung müssten dann aus saurer Lösung entstanden sein.

Beim Aragonit fand ich (diese Ztschr. 19, 242) (vergl. Fig. 57), dass für  $q = \{044\}$  der Scheitel in der Kante  $(044):(\overline{0}\overline{4}\overline{4})$  liege.

Auf  $b = \{040\}$  »neigen die vicinalen Flächen meistens nach dem ausgebildeten Kopfe hin, einzelne aber auch nach der entgegengesetzten Seite«. Diese Fläche verhält sich ähnlich wie die Basis beim Baryt, indem sie von parasitischen Krystallen überzogen ist, die nach Flächen der Brachydomenzone gewachsen sind.

Auf  $p = \{440\}$  tritt »ein doppeltes Streifensystem auf, ein feineres, mehr welliges, und ein schärferes geradliniges«. An dem oberen ausgebildeten Ende »beobachtet man fast nie einen Reflex, welcher ein Convergiren je zweier Flächen  $p$  auch nur um eine Minute nach unten andeutete«. Man muss daher den Scheitel von  $\{440\}$  an das untere angewachsene Ende legen, und da wir wohl die feinere Streifung als das Resultat des eigentlichen prismatischen Wachstums ansehen dürfen, dann haben wir als zweite Scheitellinie die Kante  $(440):(\overline{4}\overline{4}0)$ . Die Wachstumsrichtungen des Aragonits von Bilin (vergl. Fig. 57) verlaufen somit, wie bei den Barytkrystallen der zweiten Abtheilung, von den permanent negativen Stellen aus nach den positiven Stellen. Sie dürften demnach in einem Lösungsmittel entstanden sein, das im Verhältniss zum Krystall elektrisch negativ war. Bei letzterem ist der positive Bestandtheil  $Ca$  überwiegend, also würde schon eine neutrale Lösung dieser Bedingung genügen.

Also auch die Bildung der Krystalle und die elektrische Polarität der Moleküle stehen in einem causalten Zusammenhange.

Denkt man sich durch zwei parallele Schnitte senkrecht durch eine wachsende Krystallfläche einen Stab hergestellt, so verhält sich dieser den noch freien Molekülen gegenüber ähnlich wie ein Magnetstab gegenüber Eisenpulver; an den beiden Enden muss die grösste anziehende Wirkung



zur Geltung kommen. Dadurch beginnen an dem Scheitel fortwährend neue Schichten, die nach dem anderen Ende über die Oberfläche des Stabes weiter wachsen (vergl. S. 74). Da die Wirkung nach aussen in der Mitte des Stabes geringer ist, so müssen einzelne Schichten dort aufhören. Wenn dann später durch Diffusion wieder neues Material auch in den Bereich dieser Stellen gelangt, dann können die mittlerweile von dem Scheitel herkommenden jüngeren, d. h. höheren Schichten über die unteren Lücken hinweg fortwachsen. Wir müssen daher in der Nähe einer Schnittebene durch die Scheitellinien eine grössere Dichte erwarten. Dies ist bekanntlich thatsächlich schon lange bekannt. Auch beim Aragonit fand ich beim Aetzen von basischen Platten besonders auffallend die Scheitellinie der Kante  $(041):(\bar{0}\bar{1}\bar{1})$  als stehen bleibende Barre wieder.

Die Skelettbildung ist somit eine Folge der elektrischen Polarität der Moleküle.

Im Innern des Krystalles sind die Pole der Moleküle durch die entgegengesetzten Pole der angrenzenden Moleküle bei jeder Temperatur vollständig gebunden. An den äusseren Grenzen werden sie, wie erwähnt, nach kurzer Zeit durch eine entgegengesetzte polarisirte Schicht compensirt. Nur an den Zwillingsgrenzen nach  $(001)$ ,  $(040)$  und  $(100)$  kann weder durch Bindung von Seiten der Nachbarmoleküle, noch durch Compensation durch eine leitende Schicht eine bei jeder Temperatur vollkommene Aufhebung eintreten. Von hier aus sind daher Störungen mannigfacher Art möglich. An dieser Stelle möchte ich nur erwähnen, dass ich die anfangs beschriebenen Structurzwillinge des Baryts nach den vicinalen Flächen  $(2.1.128)$  und  $(0.300.1)$  und ebenso die Seite 76 Anmerk. beschriebene Trübung der Schicht parallel  $(100)$  des Duftoner Krystalles für eine solche Störung ansehe.

#### Versuch einer mechanischen Veranschaulichung der Pyroelektricität.

Das bis jetzt gewonnene Resultat der Untersuchung ist folgendes: Die vicinalen Flächen, die Aetzfiguren und die elektrischen Erscheinungen beim Baryt und Aragonit führen zu der Annahme einer elektrischen Polarität der Moleküle, und diese erklärt auch leicht einige der bekannten sonstigen Erscheinungen beim Wachsthum und bei der Auflösung der Krystalle. Nicht so einfach ist aber die Beantwortung der Frage nach der Entstehung der elektrischen Pole. Ohne Zweifel muss die Anordnung der chemischen Bestandtheile im Molekül hierbei ein wesentliches Moment bilden. Hätten wir nur eine Polarität innerhalb einer Ebene, dann würde die vorhin gewählte

Anordnung 
$$\begin{array}{c} \text{+} \rightarrow \text{Ba} \text{ SO}_4 \text{ -} \\ \text{SO}_4 \text{ Ba} \leftarrow \text{+} \end{array}$$
 auch der elektrischen Vertheilung entsprechen.

Da wir aber eine solche nach mehreren Ebenen beobachten, so wird die

Erklärung ungleich complicirter. So lange uns ausserdem noch jede Kenntniss darüber fehlt, aus wieviel chemischen Molekülen das Krystallmolekül besteht, müssen wir auf die Darstellung der Anordnung der chemischen Bestandtheile verzichten.

Uebrigens wäre damit allein die letzte Ursache der elektrischen Ladung auch noch gar nicht erkannt; wir könnten uns noch nicht vorstellen, wie durch blosse gegenseitige Lagerung zweier materieller Theile dieselbe entstehen könnte. Auf mechanische Erklärungsversuche von elektrischen Ladungen verzichtet man zwar bekanntlich wegen mannigfacher Misserfolge in neuerer Zeit vielfach ebenfalls. Wenn aber mechanische Veranschaulichungen von elektrostatischen Zuständen überhaupt möglich sind, wird man meines Erachtens bei der Pyroelektricität der Krystalle am ersten sich einen Erfolg versprechen dürfen.

Bedienen wir uns wie bisher zunächst des einfachen Schemas:

- 1)  $BaSO_4$     $BaSO_4$     $BaSO_4$  . . . .
- 2)  $SO_4Ba$     $SO_4Ba$     $SO_4Ba$  . . . .
- 3)  $BaSO_4$     $BaSO_4$     $BaSO_4$  . . . .
- 4)  $SO_4Ba$     $SO_4Ba$     $SO_4Ba$  . . . .

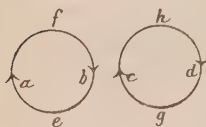
so ist es auffallend, dass die Trennung sowohl mechanisch wie chemisch niemals zwischen den Zeilen 1) und 2) oder zwischen 3) und 4) stattfindet, sondern stets zwischen 2) und 3) oder zwischen 4) und 5); es muss also zwischen jenen Zeilen ein festerer Zusammenhang bestehen, als zwischen diesen. Die chemischen Moleküle 1) und 2) gehören demnach zum selben Krystallmolekül. Da die chemischen Valenzen in  $BaSO_4$  gesättigt sind, so wollen wir die Kräfte, die das Molekül 1) und 2) vereinigen, als physikalische auffassen.

Wir sind bereits früher von der Voraussetzung ausgegangen, dass die Wärme als die elektromotorische Kraft für die pyroelektrischen Erscheinungen anzusehen sei. Dass die Wärmeschwingungen der materiellen Theile auch den Aether zum Mitschwingen veranlassen, ist bekannt. Nach Faraday sollen die Moleküle auch bei Isolatoren vollkommene Leiter sein. Denken wir uns nun, die durch Wärme veranlasste Aetherbewegung würde in dem Krystallmolekül  $\overset{1}{Ba} \overset{2}{SO_4}$  in der Richtung der Pfeile leichter vor sich gehen als in an-  $\underset{4}{SO_4} \underset{3}{Ba}$  deren Richtungen, dann müsste bei 2) und 4) ein

übernormaler Druck des Aethers entstehen, bei 1) und 3) ein unternormaler. Die beiden Punkte 1) und 3) könnte man als elektrisch positive, 2) und 4) als elektrisch negative betrachten. Wäre der Ueberdruck in 2) und 4) so gross, dass er auch den isolirenden Raum zwischen 2) und 3) und zwischen 4) und 1) zu durchbrechen im Stande wäre, dann hätten wir zwischen 1, 2, 3, 4, 1 eine geschlossene Kreisbewegung des Aethers. Die Leitungsfähigkeit

zwischen 1) und 2), sowie zwischen 3) und 4) wäre eine vollkommene, zwischen 2) und 3) sowie zwischen 4) und 1) eine weniger vollkommene. Die von der Wärme veranlasste Aetherbewegung würde demnach im Molekül nur in bestimmte Bahnen gelenkt. Und in Folge des dem Aether wohl auch aus anderen Gründen zuzuschreibenden Beharrungsvermögens würde auch jetzt an den erwähnten Uebergangsstellen zu Strecken von anderer Leitungsfähigkeit ein über- bezüglich unternormaler Druck entstehen.

Beim Baryt und Aragonit haben wir bei jedem Molekül demnach drei solcher Kreisströme zu denken parallel (100), (010) und (004). Schreiben wir auch diesen eine gegenseitige anziehende oder abstossende Kraft zu, je nachdem sie im Raume parallel oder entgegengesetzt gerichtet sind, so müssen je zwei in derselben Ebene liegende Kreisströme einander abstossen. Dasselbe geschieht bei den beiden senkrecht zur Zeichnungsebene durch  $ab$  und  $cd$  gehenden Kreisströmen. Dagegen würden sich die beiden Ströme in den zur Zeichnung senkrechten, durch  $ef$  und  $gh$  gehenden Ebenen in allen ihren Theilen anziehen.



Dabei würden sich die repulsiven Kräfte der Ströme, da sie auf nähere Entfernungen wirken, sowohl bei einer Compression als auch bei einer Dilatation rascher ändern als die attractiven.

Dies ist bekanntlich ein Fundamentalsatz der Elasticitätslehre.

Die elektrische Anziehung zwischen zwei Körpern kann man nach Maxwell mit der Spannung eines dilatirten elastischen Seiles oder Stabes vergleichen, an dessen Enden die Körper haften, die elektrische Abstossung demnach mit dem Drucke eines in seiner Längsrichtung comprimirt Stabes. Nach der von mir angegebenen Hypothese müssten wir uns also in diesem Bilde vorstellen, dass je zwei Moleküle in doppelter Weise mit einander verbunden wären, sowohl durch einen comprimirt, als auch durch einen dilatirten Stab. Im Ruhezustande muss die Gesamtresultirende der Wirkung der comprimirt und der dilatirten Stäbe, welche die Verbindung eines Moleküls sowohl mit seinen nächsten, als auch mit seinen entferntesten Nachbarn im Krystalle herstellen, gleich Null sein. Da die repulsiven Kräfte mit grösserer Annäherung rascher zunehmen als die attractiven, so dürfte die resultirende Wirkung des dilatirten und des comprimirt Stabes zwischen je zwei unmittelbar benachbarten Molekülen eine repulsive Kraft, die resultirende Wirkung der Stäbe zwischen je zwei Molekülen, die sich an den Grenzen des Bereiches der gegenseitigen Anziehung befinden, eine attractive Kraft darstellen, vorausgesetzt, dass man den Wirkungsbereich eines Moleküls auf eine grössere Anzahl von Molekularabständen ausdehnt. Zwischen dem Bereiche der Anziehung und dem der Abstossung liegt eine neutrale Zone, d. h. die resultirende Wirkung der beiden Stäbe zwischen

einem Molekül und einem anderen, das der neutralen Zone des ersteren angehört, ist gleich Null.

Auch innerhalb einer Grenzschrift darf für jedes schon angelagerte Molekül im Ruhezustande keine resultirende Kraft übrig bleiben. Das Bestreben der in der Grenzschrift liegenden und zu ihr parallel gerichteten dilatirten und comprimierten Stäbe, sich gegenseitig das Gleichgewicht zu halten, ist daher massgebend für die regelmässige Anordnung der Moleküle in der Grenzfläche.

Bei der Krystallisation, d. h. bei der Annäherung der vorher entfernten freien Moleküle, tritt die Differenz zwischen der Verminderung der potentiellen Energie der anziehenden Kräfte auf diese Moleküle und der Vermehrung der potentiellen Energie der abstossenden Kräfte auf dieselben als freie Wärme in die Erscheinung.

Die Bewegungserscheinungen, welche Herr J. Bechhold vor mehreren Jahren an dem nitro-m-xyloisulfonsauren Natron in meinem Laboratorium beobachtet und in dieser Zeitschrift (14, 454) beschrieben hat, machten auf den Beobachter denselben Eindruck, wie eine elektrische Anziehung und Abstossung von Hollundermarkkugeln. Einzelne kleinere Massentheilchen sah man in äusserst lebhafter Bewegung gegen einen wachsenden Krystall hineilen und wieder abprallen. Hierbei waren dieselben offenbar in Folge ihres Beharrungsvermögens näher an den Krystall herangekommen, als es dem Gleichgewichte zwischen den attractiven und repulsiven Kräften entsprach, und wurden deshalb immer wieder abgestossen, bis ihre lebendige Kraft der Bewegung durch die Reibung an dem Lösungsmittel erschöpft und in Wärme verwandelt war. Sollte die hierbei beobachtete Anziehung wirklich nicht nur eine Folge der Diffusionsströme gewesen sein, dann würde daraus hervorgehen, dass der Bereich der gesammten molekularen Anziehung eines wachsenden Krystalles sich ungleich weiter erstreckte, als der zehnfache Abstand zwischen je zwei benachbarten Molekülen beträgt, wie man zuweilen (vergl. diese Zeitschr. 27, 646) annimmt, und dass dann in der That die directe Anziehung von Seiten des Krystalles die Wirkung der Diffusion in der Herbeischaffung des Baumaterials sehr wesentlich unterstützt, oder gar um vieles übertrifft. Bei den nicht mehr im Wachsthum begriffenen Krystallen wäre dann freilich der Bereich der Molekularattraction durch die erwähnte compensirende Oberflächenschicht beträchtlich eingeschränkt.

Es bleibt nur noch die Frage, weshalb bei manchen Krystallen mehr die Polarität in der Ebene (100), bei anderen mehr die in der Ebene (010) zum Ausdrucke kommt. Der Grund hierfür kann nur in intramolekular eingeschlossenen, dissociirten chemischen Bestandtheilen gesucht werden. Durch convective Leitung können diese entweder die eine oder die andere Polarität reduciren.

Die in diesem letzten Abschnitte dargestellte Hypothese ist aus meinem



in dieser Zeitschrift **14**, 382 mitgetheilten Versuche hervorgegangen. Meinen inzwischen fortgesetzten Beobachtungen entsprechend musste ich denselben weiter ausbauen. Zu der Annahme von Molekularströmen entschloss ich mich in Folge der Beobachtung der entgegengesetzt gerichteten Polarität auf je zwei gegenüberliegenden Flächen. Zuerst fand ich diese nur auf der Basis der Aragonite parallel  $b$  und setzte dementsprechend nur Molekularströme parallel (100) voraus (diese Zeitschr. **14**, 382). Später fand ich, dass auch die beiden anderen Axen enantiopolare Richtungen sind (diese Zeitschr. **19**, 260), und daher mussten drei zu einander senkrecht stehende Ströme angenommen werden. Die Beobachtungen am Baryt bestätigten das beim Aragonit gewonnene Resultat und zeigten zuerst das Verhältniss zwischen der Polarität auf (100) und (001). Hieraus ging hervor, dass die anomalen Aetzfiguren nicht etwa dadurch hervorgebracht wurden, dass die vorausgesetzten Molekularströme das Lösungsmittel mechanisch mitführten, da ja jene auf beiden Flächen symmetrisch zu ihrer Schnittkante gerichtet sind. Es folgte weiter daraus die Hypothese über die mechanische Erklärung der elektrostatischen Ladung und über deren Fernwirkung bei der Krystallbildung.

Dass diese Hypothese auch später noch eine weitere Entwicklung wird erfahren müssen, falls sie neuen Beobachtungen angepasst werden soll, darf man wohl voraussetzen. Aber auch selbst für den Fall, dass sie sich hierbei als völlig unhaltbar erweisen sollte, wäre sie meines Erachtens nicht ohne Nutzen gewesen; dann hätte sie unsere Erfahrung durch die Erkenntniss bereichert, dass auch die mechanische Veranschaulichung der Pyroelektricität in dieser Weise unmöglich ist. Es soll nicht geleugnet werden, dass ich selbst schon jetzt auf manche Bedenken gegen diese Hypothese gestossen bin, die mir allerdings der Erklärung keine unüberwindlichen Schwierigkeiten zu bereiten schienen. Ich möchte aber nicht eher auf dieselben eingehen, bis weitere Beobachtungen über das entsprechende Verhalten von Krystallen anderer Klassen vorliegen.

---

## IV. Auszüge.

---

**1. P. Jannettaz und M. Goldberg (in Paris): Härtebestimmungen mit dem Usometer** (Assoc. franç. p. l'avanc. d. sc. 9. Aug. 1895).

Der von den Verff. benutzte Apparat (»Usometer«) besteht in einer rotirenden Schleifscheibe, auf welche vier, auf ihre Härte zu untersuchende Platten durch senkrecht wirkende Gewichte aufgedrückt werden. Indem man Platten von zweierlei Substanzen gleichzeitig schleift, erhält man aus den, durch den Gewichtsverlust bestimmten Mengen des abgeschliffenen Materials das Verhältniss der Härte derselben. Während diese Methode bei Gläsern sehr übereinstimmende Resultate ergibt, ist sie bei Krystallen naturgemäss schwieriger zu verwenden und erfordert, dass die Platten mehrfach anders aufgesetzt werden, um sie nach wechselnden Richtungen abzuschleifen, und so einen mittleren Werth für eine bestimmte Fläche zu erhalten.

Für Quarz wurde für die Abnutzung gefunden:

senkrecht zur Axe	1
parallel - -	1,09—1,19
Pyramidenflächen	1,26—1,32

und für die Härte, verglichen mit dem Appert'schen optischen Glase:

senkrecht zur Axe	3,12
parallel - -	2,48

Für Baryt die folgenden Mengen des abgeschliffenen Materials:

parallel (100)	1
- (010)	1,06
- (110)	1,30
- (001)	2,00

Darnach sind die Ebenen vollkommenster Spaltbarkeit die der geringsten Härte.

Ref.: P. Groth.

**2. G. A. Borel (in Genf): Untersuchungen über Brechung und Dispersion der ultravioletten Strahlen in einigen krystallisirten Substanzen** (Compt. rend. 1895, 120, 1404. Ausführlicher: Arch. d. sc. phys. et nat. Gen. 1895, (3), 34, 134, 230).

Der Verf. bestimmte die Brechungsindices für die hauptsächlichsten ultravioletten Linien des Cadmiums mittelst der photographischen Methode unter An-

wendung der erforderlichen Correctionen für die Krümmung der Prismenflächen. Zum Vergleiche wurde auch eine directe Bestimmung für *Na*-Licht ausgeführt.

#### Steinsalz.

Den Beobachtungen des Verfs. (reducirt auf 15° C.) sind die (ohne Temperaturangabe publicirten) Messungen Joubin's (Ann. d. Chim. et Phys. 1889 (6), 16, 135) beigesetzt, ferner die Werthe, welche Carvallo (Thèse, Paris 1890, p. 40) aus den Messungen von Langley (Ann. d. Chim. et Phys. 1886 (6), 9, 492) nach den Dispersionsformeln von Briot und Ketteler berechnet hat.

Berechnet				
Linie:	Borel:	Joubin:	n. Briot:	n. Ketteler:
<i>D</i>	1,54443	—	1,54442	1,5444
9	1,57855	1,57877	1,57832	1,5783
40	1,58365	1,58391	1,58340	1,5833
44	1,58627	1,58644	1,58594	1,5858
42	1,59304	1,59330	1,59272	1,5925
47	1,62704	1,62790	1,62647	1,6251
48	1,64624	1,64870	1,64547	1,6430
23	1,68837	1,68855	1,68682	1,6808
24	1,69914	1,69900	1,69736	1,6900
25	1,71709	—	1,71543	1,7054
26	1,73246	—	1,73034	1,7176

#### Natriumchlorat.

<i>D</i>	<i>Cd</i> 9	<i>Cd</i> 40	<i>Cd</i> 44	<i>Cd</i> 42
1,54523	1,53917	1,54278	1,54452	1,54934
<i>Cd</i> 47	<i>Cd</i> 48	<i>Cd</i> 23	<i>t</i> = 23°.	
1,57271	1,58607	1,61586		

Die erhebliche Differenz für *Cd* 42 von der Angabe Dussaud's (s. diese Zeitschr. 24, 624) erklärt der Verf. dadurch, dass Letzterer wahrscheinlich statt der schwachen *Cd*-Linie eine hellere, von einer Verunreinigung des Cadmiums herrührende Linie eingestellt habe.

#### Kaliumalaun.

<i>D</i>	<i>Cd</i> 9	<i>Cd</i> 40	<i>Cd</i> 44	<i>Cd</i> 42
1,45626	1,47436	1,47694	1,47844	1,48445
<i>Cd</i> 47	<i>Cd</i> 48	<i>Cd</i> 23	<i>Cd</i> 24	<i>Cd</i> 25
1,49675	1,50544	1,52209	1,52645	1,53280
<i>Cd</i> 26	<i>t</i> = 13°—16° (Abnahme für 4° ca. 0,00004).			
1,53825				

#### Ammoniumalaun.

<i>D</i>	<i>Cd</i> 9	<i>Cd</i> 40	<i>Cd</i> 44	<i>Cd</i> 42
1,45935	1,47799	1,48043	1,48180	1,48500
<i>Cd</i> 47	<i>Cd</i> 48	<i>Cd</i> 23	<i>Cd</i> 24	<i>Cd</i> 25
1,50096	1,50943	1,52684	1,53106	1,53782
<i>Cd</i> 26	<i>t</i> = 19°—20°.			
1,54349				

### Magnesiumsulfat (Bittersalz).

Für diese Substanz wurden ausser den Brechungsindices der ultravioletten Strahlen auch die der Fraunhofer'schen Linien mit dem Soret'schen Totalreflectometer bestimmt (für  $D$  auch mit dem Abbe'schen Refractometer). Die Mittelwerthe aller Beobachtungen, auf  $t = 20^0$  reducirt, sind in der folgenden Tabelle enthalten.

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$2V$ ber.:
$a$	1,42947	1,45182	1,45676	49° 45'
$B$	1,42994	1,45226	1,45725	49 57
$C$	1,43067	1,45324	1,45844	50 48
$D$	1,43255	1,45540	1,46090	51 35
$b$	1,43603	1,45905	1,46456	51 28
$F$	1,43776	1,46144	1,46663	51 44
$G$	1,44000	1,46426	1,46943	50 25
$Cd$ 9	1,44946	1,47356	1,47937	51 20
- 10	1,45158	1,47618	1,48195	50 59
- 11	1,45275	1,47739	1,48324	51 8
- 12	1,45594	1,48074	1,48660	50 52
- 17	1,47046	1,49634	1,50226	50 33
- 18	1,47863	1,50489	1,51094	50 27
- 23	1,49504	1,52229	1,52838	49 54
- 24	1,49904	1,52656	1,53262	49 33

Abgesehen von den ersten Zahlen; entsprechen die Werthe von  $2V$  der bereits früher erkannten Dispersion  $\varrho > \nu$ .

Ref.: P. Groth.

**3. G. Cesàro** (in Lüttich): Ueber die Bezeichnung am Gyps beobachteter Flächen mit complicirten Indices (Bull. d. l'Acad. roy. d. Belgique 1895 (3), 29, 385). — Die gewählte Stellung ist die von Miller, während den Berechnungen die Winkel von Des Cloizeaux zu Grunde gelegt wurden.

Die von Des Cloizeaux beobachteten Winkel der Form  $w$  stimmen nicht mit den angegebenen Symbolen  $\{\bar{2}25\}$  oder  $\{\bar{7}.7.18\}$ , sondern mit dem Zeichen  $\{\bar{3}38\}$  überein.

Berechnet (Cesàro): Beobachtet (Des Cloizeaux):

$(\bar{3}38):(\bar{0}10) = 81^0 43'$	$84^0$
$(\bar{3}38):(\bar{1}10) \quad 82 \quad 5$	82
$(\bar{3}38):(\bar{1}04) \quad 24 \quad 58$	22

Hessenberg's  $\delta$ ,  $\{\bar{5}.10.12\}$  oder  $\{\bar{1}\bar{1}.24.26\}$ ?, wurde vom Verf. an kleinen, gut messbaren Krystallen, ebenfalls von Sicilien, gefunden und als  $\{\bar{5}79\}$  festgestellt.

Beobachtet.

	Berechnet (Cesàro):	Cesàro:	Hessenberg:
$(\bar{4}79):(\bar{4}79) = 35^0 23'$		$35^0 47'$	$36^0 - 38^0$
$(\bar{4}79):(\bar{1}11) \quad 44 \quad 23$		44 44	—
$(\bar{4}79):(\bar{1}\bar{1}1) \quad 55 \quad 54$		55 49	—
$(\bar{4}79):(\bar{1}00) \quad 84 \quad 46$		—	$84^0 32'$

Die vom Verf. früher (s. diese Zeitschr. 12, 656) an Zwillingskrystallen von Tirol (Hall?) angegebene Form, deren Flächen nahezu parallel denen von  $\{\bar{1}14\}$



des anderen Krystalles sind, aber schwankende Werthe geben, wurde damals als {477} bezeichnet, vom Ref. aber bezweifelt. Der Verf. fand dieselbe häufig an Krystallen aus Salzburg und Tirol und theilt nochmals seine früheren Messungen mit:

	Berechnet:	Beobachtet:
$(477):(\bar{1}11) = 47^{\circ} 27'$		$47^{\circ} 30'$
$(477):(\bar{4}\bar{7}7) \quad 40 \quad 24$		$40 \quad 48$
$(477):(\bar{1}11) \quad 3 \quad 0$		$0^{\circ} - 3^{\circ}$

Hiernach schien dem Ref. die nochmalige Prüfung dieser Form nothwendig, und da in der Münchener Sammlung sich gut ausgebildete Zwillingkrystalle von Berchtesgaden, genau von dem Ansehen der Figur Cesàro's (möglicherweise stammen auch dessen Krystalle von »Tirol« aus Berchtesgaden), befanden, so veranlasste er eine Untersuchung des am besten messbaren Krystalles. Herr H. Smith aus London fand an demselben (die Berechnung erfolgte nach den genaueren Elementen von Beckenkamp):

Berechnet:	Berechnet:	Beobachtet:
$(477):(\bar{1}11) = 47^{\circ} 32'$	$(577):(\bar{1}11) = 54^{\circ} 44\frac{1}{2}'$	$54^{\circ} 40'$
$(477):(\bar{4}\bar{7}7) \quad 40 \quad 30$	$(577):(\bar{5}\bar{7}7) \quad 39 \quad 9$	$38 \quad 46\frac{1}{2}$

Sonach unterliegt es keinem Zweifel, dass an den alpinen Gypszwillingen nach {400} sowohl {477}, als auch die bisher nicht angegebene Form {577} vorkommt. Das Auftreten einer solchen Form an Stelle der vorderen Hemipyramide {111}, welche mit den Flächen von { $\bar{1}11$ } des anderen Krystalles einen ziemlich grossen einspringenden Winkel bilden würde, ist offenbar durch die Zwillingbildung inducirt; es haben sich an der Grenze Flächen ausgebildet, welche mit den benachbarten des anderen Krystalles fast in eine Ebene fallen.

Für die von Schrauf als {995} bezeichnete Form findet der Verf. eine etwas bessere Uebereinstimmung der gemessenen Winkel mit dem Symbol {774}.

Andere Formen mit complicirten Indices erwiesen sich bei der Revision als richtig bestimmt. Hiernach betrachtet der Verf. folgende Formen des Gyps als sicher: {010}, {100}, {310}, {11.5.0}, {210}, {320}, {230}, {470}, {120}, {490}, {250}, {130}, {270}, {140}, {290}, {203}, {509}, {103}, {104}, {004}, {103}, {102}, {104}, { $\bar{1}11$ }<sup>1)</sup>, { $\bar{1}21$ }, { $\bar{1}34$ }, {023}, {011}, {111}, {774}, {338}, {223}, {234}, {479}, {477}, {133}, {134}, {733}. Dazu käme also nun noch {577} (s. oben).

Ref.: P. Groth.

#### 4. F. Stöber (in Gent): Ueber Epidot von Quenast und Baryt von Fleurus (Bull. d. l'Acad. roy. d. Belgique 1895 (3), 29, 403).

Der Epidot von Quenast (s. diese Zeitschr. 6, 203) kommt mit Quarz, Chlorit und Calcit auf Gängen im Porphyrit vor und zeigt gewöhnlich folgende Formen: {004}, {100}, {101}, {102}, {104}, {201}, am Ende: vorherrschend, aber matt {224}, ferner { $\bar{1}11$ }, {110}, {011}, {012}, {211}, {112}, { $\bar{1}12$ }; an kleineren und weniger nach {004} tafelförmigen Krystallen tritt {224} gegen {110} zurück; einmal erschien auch {012} als herrschende Form am Ende. Nur an

1) Eine einzelne Fläche von { $\bar{1}11$ } erhält man zuweilen statt des Faserbruches als Trennungsebene, wenn man eine spitze Punze durch einen Hammerschlag in ein dickes Spaltungsstück von Gyps eintreibt.

einzelnen, sehr unsymmetrisch ausgebildeten Krystallen wurden beobachtet:  $\{144\}$ ,  $\{34\bar{4}\}$ ,  $\{544\}$ ,  $\{304\}$ ,  $\{704\}$ ,  $\{504\}$ ,  $\{104\}$ ,  $\{74\bar{4}\}$ . Die letztere Fläche konnte nur durch Zonen bestimmt werden, während die neue Form  $\{544\}$  ausserdem auch eine Messung zu (100) gestattete:  $45^\circ$  circa (ber.  $45^\circ 7'$ ). Die erste Mittellinie bildet  $3^\circ$  mit  $c$ ,  $2H = 96^\circ 12\frac{1}{2}'$  (Na),  $\beta = 1,7435$ ; hieraus und dem Brechungsindex des Oels folgt  $2V = 78^\circ 8'$ .

Baryt von Fleurus: kleine Krystalle auf derbem Baryt aus dem Kohlenkalk. Beob. Formen:  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{102\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{104\}$ ,  $\{115\}$  matt, durch Zonen bestimmt,  $\{111\}$ ,  $\{112\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{201\}$ ,  $\{210\}$ , ferner sehr klein und nicht sicher  $\{122\}$  und  $\{137\}$ , letztere in der Zone  $[115, 011]$ ;  $(137):(011) = 25^\circ 24'$  appr. beob.,  $25^\circ 38'$  ber.; in der Zone  $[110, 011]$  sind durch Streifen angedeutet  $\{352\}$  und  $\{781\}$ , aber nicht sicher constatirt. Mit natürlichen Prismen wurde gemessen für Na-Licht:

$$\alpha = 1,6364, \quad \beta = 1,6374, \quad \gamma = 1,6482 - 1,6500.$$

Ref.: P. Groth.

### 5. G. Cesàro (in Lüttich): Ueber ein wahrscheinlich neues Silicat (Ebenda 508).

Der bekannte violette Tremolit von Edwards, St. Lawrence Co., N. Y., wird von einem farblosen oder blass rosarothern Mineral begleitet, welches folgende Eigenschaften zeigt: H.  $4\frac{1}{2}$ . Rhombisch; spaltb. nach zwei Pinakoiden; senkrecht zu der vollkommeneren die 1. Mittell.; Doppelbr. —;  $\beta - \gamma = 0,004$ ;  $2E = 83^\circ 30'$ . Wasserfreies Silicat von Mg, Mn, Ca mit ca.  $58\%$   $SiO_2$ ; unlöslich in Säuren; leicht schmelzbar vor dem Löthrohre.

Ref.: P. Groth.

### 6. Derselbe: Krystallform des $\alpha$ -Isodypnopinakolin und seines Destillationsproductes (Ebenda 843).

$\alpha$ -Isodypnopinakolin  $C_{32}H_{26}O$ .

Schmelzp.  $131^\circ$ . Dargest. von M. Delacre (ebenda 857). Kryst. aus Essigsäure.

Rhombisch hemimorph.

$$a : b : c = 0,6308 : 1 : 1,4131.$$

Comb.  $\{111\}$ ,  $\{00\bar{1}\}$  gross,  $\{11\bar{1}\}$ ,  $\{001\}$  klein; ferner  $\{221\}$ ,  $\{00\bar{1}\}$  gross,  $\{22\bar{1}\}$ ,  $\{001\}$  klein; endlich die letztere Comb. mit untergeordneten  $\{010\}$ ,  $\{111\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(111):(001) =$	$69^\circ 19'$	—
$(111):(1\bar{1}1)$	$59\ 53$	—
$(221):(001)$	$79\ 25 - 79^\circ 58'$	$79^\circ 18\frac{1}{2}'$
$(221):(2\bar{2}1)$	$63\ 11 - 63\ 47$	$63\ 14$

Spaltb. (001) höchst vollkommen.

Ebene d. opt. Axen (100), 1. Mittell.  $c$ , Doppelbr. +,  $\alpha - \beta = 0,018$ ;  $\beta = 1,78$ .

Destillationsproduct des vor.  $C_{32}H_{24}O_2$ .

Schmelzp.  $164^\circ$ . Dargest. von Dems. (ebenda 868). Kryst. aus Essigsäure. Monoklin.

$$a : b : c = 1,6480 : 1 : 1,4024; \quad \beta = 98^\circ 28'.$$

Comb. {400}, {410}, {444}.

	Beobachtet:	Berechnet:
(410):(400) =	*58° 0'	—
(444):(411)	*80 24	—
(444):(410)	*36 10	—
(444):(400)	60 34	60° 37½'

Spaltb. (400) vollk.

Ebene der opt. Axen (010); für die sehr starke Doppelbrechung einer Spaltungs-lamelle wurde nach der Methode des Herzog's von Chaulnes gefunden: Schwing.  $\parallel c = 1,627$ , Schwing.  $\parallel b (\beta) = 1,835$ .

Ref.: P. Groth.

7. G. Cesàro (in Lüttich): Zinnober von Rocheux (Bull. d. l'Acad. roy. d. Belgique 1895, 30, 56).

In Belgien war Zinnober bisher nur einmal, bei Dave, beobachtet worden; der Verf. fand auf einer Barytstufe von Rocheux, ein- und aufgewachsen, nahe rechtwinklige Rhomboëder (wahrscheinlich das primäre *R* nach Schabus), sowie einen Zwilling nach 0*R*(0001).

Ref.: P. Groth.

8. F. Stöber (in Gent): Ueber künstlichen Cotunnit (Ebenda 345). — Aus einer Lösung von  $PbCl_2$  in concentrirter Salzsäure erhält man sehr schöne Krystalle, wenn man dieselben durch einen gläsernen Schwimmer, an dem sie sich ansetzen, am Herabfallen auf den Boden hindert. Rhombisch.

$$a : b : c = 0,5043 : 1 : 0,8423.$$

Comb. {010}, {444}, {121}, {001}, {021}, {011}, {012}; oft unsymmetrisch, besonders durch sehr ungleiche Entwicklung der Pyramidenflächen. Sehr häufig Zwillinge nach (021).

	Beobachtet:	Berechnet:
(121):(121) =	*84° 29½'	—
(121):(121)	*45 35½	—
(121):(121)	: 84 14	84° 14'
(011):(001)	40 6¾	60 6½
(021):(010)	30 41½	30 42
(012):(001)	22 52	22 50½
(444):(010)	66 44½	66 44½
(444):(444)	56 2	56 2
(444):(444)	104 13½	104 13¼
(444):(021)	54 32½	54 33
(444):(444)	44 32½	44 32
(001):(001)	64 24¾	64 23¼

Spaltb. (010) zieml. vollkommen.

Ebene der opt. Axen (001),  $a$  1. Mittell. Doppelbr. +. Mittelst natürlicher Prismen (im Falle eines zu grossen Winkels nach der Methode von Ramsay<sup>1)</sup>) wurde im Mittel gefunden:

1) S. das folgende Referat.

für Na:  $\alpha = 2,1992$ ,  $\beta = 2,2172$ ,  $\gamma = 2,2596$   
 - Li:  $2,1788$   $2,1922$  —

Berechnet für Na:  $2V = 67^\circ 12'$ , während aus der Beobachtung des Axenwinkels in Methylenjodür sich ergab  $66^\circ 12'$ .

Durch sehr langsames Abkühlenlassen einer heissen wässerigen Lösung wurden kleine sechsseitige Täfelchen mit den Flächen  $\{001\}$ ,  $\{112\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{011\}$  erhalten, nach der Axe  $a$  zu lockeren, stäbchenförmigen Aggregaten verwachsen. An diesen wurde beobachtet:

$$\begin{array}{ll} (112):(001) = 43^\circ 18' & \text{ber.: } 43^\circ 13\frac{1}{4}' \\ (112):(\overline{1}\overline{1}2) & 35 \ 42 \quad - \quad 35 \ 44\frac{3}{4}' \\ (112):(021) & 50 \ 35 \quad - \quad 50 \ 30\frac{3}{4}' \end{array}$$

Lässt man die Lösung rascher abkühlen, so resultiren feine Nadeln, gebildet von  $\{010\}$  und  $\{001\}$ , am Ende  $\{111\}$  in meist unsymmetrischer Entwicklung, oft auch als schmale Abstumpfungen  $\{021\}$  und  $\{011\}$ . Durch Wachsenlassen dieser Nadeln in einer salzsauren Lösung von Bleichlorid erhält man die nach der Axe  $a$  verlängerte Comb.  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{121\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{011\}$ .

Die von Becquerel angegebenen »kubischen« Krystalle von  $PbCl_2$  sind wahrscheinlich Combinationen von  $\{001\}$ ,  $\{010\}$  und  $\{100\}$  gewesen.

Ref.: P. Groth.

### 9. F. Stöber (in Gent): Ueber die Bestimmung der Brechungsindices von Prismen mit grossem brechenden Winkel (Bull. d. l'Acad. roy. d. Belgique 1895, 30, 520).

Bei Anwendung der Methode von Brögger und Ramsay (diese Ztschr. 12, 209) zur Bestimmung der Brechungsindices des Bleichlorids (s. d. vor. Ref.) wurde der Verf. auf eine Fehlerquelle derselben aufmerksam: eine Abweichung der den Winkel des Flüssigkeitsprismas halbirenden Ebene von der Halbirenden des Winkels zwischen Collimator und Beobachtungsfernrohr beeinflusst zwar nur wenig die Bestimmung des Brechungsindex der Flüssigkeit, in erheblicher Weise aber die Ablenkung des Strahles durch den eingetauchten Krystall. Zur Controle der richtigen Stellung des Flüssigkeitsprismas fügt der Verf. daher zu den Ablesungen noch eine solche des an der Eintrittsfläche desselben reflectirten Strahles hinzu.

Seien  $L$ ,  $S$ ,  $C$  und  $R$  die Einstellungen des Beobachtungsfernrohres resp. auf die Minimalablenkung der Flüssigkeit, auf die kleinste Ablenkung durch Krystall und Flüssigkeit, auf die aus dem Collimator austretenden und endlich auf die an der ersten Fläche des Flüssigkeitsprismas reflectirten Strahlen; seien ferner  $\alpha_1$  der brechende Winkel des letzteren,  $\alpha$  der des Krystalles,  $n_1$  und  $n$  die beiden entsprechenden Brechungsindices, und die Winkel  $CR = r$  und  $CS = s$ , wobei  $s$  positiv angenommen wird, wenn  $S$  und  $L$  auf derselben Seite der Normale  $N$  der Austrittsfläche des Hohlprismas liegen, negativ, wenn  $S$  und  $L$  sich auf verschiedenen Seiten von  $N$  befinden. Alsdann gelten folgende Beziehungen:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Wenn } n_1 < n, \\ n = n_1 \frac{\sin \frac{\alpha + e_1 + e}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad \text{wo} \quad \left. \begin{array}{l} e_1 = \alpha_1 - v; \sin v = \frac{\cos \frac{r}{2}}{n_1}; \\ \sin e = \frac{\cos \left( s + \alpha_1 + \frac{r}{2} \right)}{n_1}. \end{array} \right\} \quad (I) \end{array} \right\}$$



Wenn  $n_1 > n$ ,

$$n = n_1 \frac{\sin \frac{\alpha - e_1 - e}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad \text{wo} \quad \left. \begin{aligned} e_1 &= \alpha - v; \quad \sin v = \frac{\cos \frac{r}{2}}{n_1}; \\ \sin e &= \frac{\cos \left( s + \alpha_1 + \frac{r}{2} \right)}{n_1}. \end{aligned} \right\} \quad (\text{II})$$

Setzt man die Winkel  $SL = p$  und  $CL = q$ , so kann man  $s$  in der Formel für  $\sin e$  durch  $(q - p)$  ersetzen, und wenn  $n_1$  aus dem Mittel mehrerer Beobachtungen von  $q$  berechnet ist, so erhält man für  $e_1$  den Werth  $e_1'$  aus

$$\sin e_1' = \frac{-\cos \left( q + \alpha_1 + \frac{r}{2} \right)}{n_1}.$$

Alsdann ergeben sich die beiden folgenden, für die Berechnung des Brechungsindex  $n$  des Krystalles noch bequemer Formeln:

$$\begin{aligned} \text{Ia. } (n_1 < n) \quad n &= n_1 \frac{\sin \frac{\alpha_1 + e_1' + e}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad \left. \begin{aligned} \sin e_1' &= \frac{-\cos \left( q + \alpha_1 + \frac{r}{2} \right)}{n_1} \end{aligned} \right\} \\ \text{IIa. } (n_1 > n) \quad n &= n_1 \frac{\sin \frac{\alpha_1 - e_1' - e}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad \left. \begin{aligned} \sin e &= \frac{\cos \left( q + \alpha_1 + \frac{r}{2} - p \right)}{n_1}. \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

Um die zur Berechnung von  $n$  nöthigen Messungen auszuführen, bringt der Verf. an dem verticalen Träger des Collimators eines Fuess'schen Goniometers Nr. II einen Träger mit einem über der Justirvorrichtung frei schwebenden und drehbaren Tische an, auf welchem das Flüssigkeitsprisma aufgesetzt wird, und der durch zwei am Träger befindliche Schrauben justirt werden kann. Auf die Justirvorrichtung ist statt des gewöhnlich verwendeten Tischchens ein viermal rechtwinkelig gebogener starker Kupferdraht aufgesetzt, welcher an seinem von oben in die Flüssigkeit eintauchenden Ende den Krystall trägt. Mittelst dieser einfachen Vorrichtung erhielt der Verf. sehr gut übereinstimmende Werthe des Brechungsindex  $\alpha$  von Bleichlorid von  $81^{\circ}30'$ , gebildet von den Flächen (124) und ( $\bar{1}2\bar{1}$ ). Als Flüssigkeit diente Methylenjodür.

Ref.: P. Groth.

**10. G. Cesàro** (in Lüttich): **Ueber die Aenderung der krystallographischen Axen** (Sur une relation permettant d'effectuer très simplement le changement d'axes cristallographiques. Annales d. l. soc. géol. d. Belg. 1895, **22**, Mém. 29).

Aus drei beliebigen Flächen  $(h_1 k_1 l_1)$ ,  $(h_2 k_2 l_2)$ ,  $(h_3 k_3 l_3)$  kann man eine Fläche  $(h k l)$  herleiten, so dass

$$\begin{aligned}h &= m h_1 + n h_2 + p h_3 \\k &= m k_1 + n k_2 + p k_3 \\l &= m l_1 + n l_2 + p l_3 ,\end{aligned}$$

und dies durch die symbolische Gleichung

$$hkl = m(h_1 k_1 l_1) + n(h_2 k_2 l_2) + p(h_3 k_3 l_3)$$

darstellen. Wenn dann  $(hkl)$  und  $(mnp)$  die Symbole einer und derselben Ebene sind, einmal bezogen auf das Axensystem  $xyz$  mit den Parametern  $abc$ , das andere Mal auf das Axensystem  $XYZ$  mit den Parametern  $ABC$ , und wenn in letzterem Systeme die Ebenen  $YZ$ ,  $XZ$ ,  $XY$ , auf das Axensystem  $xyz$  bezogen, die Symbole  $(h_1 k_1 l_1)$ ,  $(h_2 k_2 l_2)$ ,  $(h_3 k_3 l_3)$  erhalten, so kann analytisch-geometrisch die der obigen entsprechende Gleichung abgeleitet werden:

$$hkl = Lm(h_1 k_1 l_1) + L'n(h_2 k_2 l_2) + L''p(h_3 k_3 l_3) .$$

Diese Beziehung wendet der Verf. nun an:

1) zur Berechnung der Längen, welche eine Ebene auf den übrigen Kanten einer regelmässigen Pyramide abschneidet, wenn drei derselben (auf benachbarten Kanten) gegeben sind;

2) zur Berechnung der Längen, welche eine Ebene, deren drei Parameter, von einer Ecke eines regelmässigen Prismas mit Basis aus gerechnet, bekannt sind, auf den Geraden abschneidet, welche von der betreffenden Ecke nach den Ecken der gegenüberliegenden Basis laufen;

3) zur Herleitung der bekannten Formeln für die Transformation krystallographischer Axen, welche dann an einer Reihe von Beispielen angewendet werden;

4) zur Ableitung der Zonengleichung.

Ref.: P. Groth.

# 11. L. L. de Koninck (in Lüttich): Ueber ein künstliches wasserhaltiges Magnesiumsilicat (Ebenda 67).

Eine ammoniakalische Lösung von Chlormagnesium und Chlorammonium greift Glasgefässe sehr stark an unter Bildung dünner Häutchen eines Magnesiumsilicates von der Zusammensetzung  $3MgO$ ,  $2SiO_2$ ,  $6H_2O$  (ein Theil des Wassers geht schon bei  $100^0$  fort und wird in feuchter Luft wieder aufgenommen). An der Luft getrocknet, gleicht die Substanz vollkommen pulverisirtem Talk und erscheint unter dem Mikroskop einfachbrechend [vielleicht nahe einaxige Blättchen mit sehr schwacher Doppelbrechung? d. Ref.] ohne deutliche Krystallisation.

Ref.: P. Groth.

# 12. G. Cesàro (in Lüttich): Zersetzungsproducte der Zinkblende durch kohlen saures Wasser (Ebenda 247).

Die durch Zersetzung entstandene Incrustation der Zinkblende von Picos de Europa besteht zum Theil aus krystallinischem Zinkspath, zum Theil aus einer matten, sehr weichen, fasrigen Substanz vom Ansehen des Hydrozinkit; letztere, bei  $100^0$  getrocknet, ergab bei der Analyse: 72,45  $ZnO$ , 19,77  $CO_2$ , 8,08  $H_2O$ , d. i. sehr genau die Formel:  $CO_3[Zn.OH]_2$ , während die sonstigen Analysen der Zinkblüthe bekanntlich einen höheren, aber sehr wechselnden Gehalt an Zinkhydroxyd lieferten.

Die bei der Bildung obiger Substanzen stattgefundene Corrosion der Zinkblende zeigt Erscheinungen, welche der Verf. durch die Annahme einer geringeren

Symmetrie, als sie dem kubischen Krystallsysteme entspricht, zu erklären sucht, welche jedoch zweifelsohne durch die Einlagerung feiner Zwillingsslamellen nach einer resp. zwei Flächen von  $\{111\}$  bewirkt worden sind.

Ref.: P. Groth.

**13. A. Bensaude** (in Lissabon): **Notiz über die Corrosion eines doppeltbrechenden Alauns** (Communic. d. l. Comm. d. trav. géol. 1895, 3, 4).

Aus grossen Oktaëdern von käuflichem Alaun, welche ziemlich viel  $Fe_2O_3$  und  $Na_2O$  enthielten und sehr deutliche Doppelbrechung zeigten, wurden Platten senkrecht zu einer Oktaëderfläche geschnitten und der Aetzung durch nicht ganz gesättigte Lösung ausgesetzt. Hierdurch erhielten dieselben feine vertiefte Linien, welche in jedem der vier, eine solche Platte zusammensetzenden Sektoren der ihn begrenzenden Oktaëderfläche parallel waren und sich in den die Sektoren trennenden, einfach brechenden Zonen verloren. Der Verf. schliesst hieraus, dass jede der acht, das Alaunoktaëder zusammensetzenden, optisch einaxigen Pyramiden parallel den Oktaëderflächen eine geringere Dichte besitzt, in Uebereinstimmung mit seiner Erklärung der optischen Anomalie (s. diese Zeitschr. 27, 519), und dass die einfachbrechenden Zonen dichter sind, als die übrigen Theile des Krystalls. Diese letzteren betrachtet er als diejenigen, welche ihre Bildung einer energischeren Krystallisation verdanken, bei welcher der Einfluss isomorpher Substanzen in der Lösung sich nicht geltend machen konnte, während dieser in den übrigen Theilen eine anormale Vertheilung der Dichtigkeit hervorbrachte.

Ref.: P. Groth.



## V. Die Refraktionsconstanten krystallisirter Salze.

(Mittheilungen aus dem krystallographischen Laboratorium des  
»Central Technical College« in London, Nr. X.)

Von

W. J. Pope in London.

Die Erforschung der Refraktionsconstanten von Flüssigkeiten durch Gladstone u. A. hat zu Resultaten geführt, welche unsere Kenntniss der Molekularstructur so bedeutend gefördert haben, dass es jedenfalls merkwürdig ist, wenn bis jetzt keine ähnlichen Resultate bei krystallisirten Substanzen erhalten wurden.

Während der letzten dreissig Jahre wurden von Topsoë und Christiansen, Soret, Tutton u. A. sorgfältige Bestimmungen der specifischen Gewichte und der Refraktionsconstanten an einer grossen Reihe von Salzen ausgeführt, oft mit der ausgesprochenen Absicht, eine directe Beziehung zwischen dem Brechungsvermögen und der chemischen Constitution aufzufinden. Dies jedoch, das wichtigste Ziel derartiger Arbeiten, ist bis jetzt nicht erreicht worden. In dem vorliegenden Aufsatze soll nun nachgewiesen werden, dass die Werthe der Molekularrefraction einfach- oder doppeltbrechender krystallisirter Salze im Wesentlichen additive Grössen sind, so dass die Beziehung der Refraktionsconstanten und der Dichtigkeit einerseits zu der Zusammensetzung des Salzes andererseits von ausserordentlich einfacher Natur ist, und unter dieser Annahme die Refraktionsconstanten einer grossen, von den obengenannten Autoren untersuchten Anzahl von Salzen in eine sehr nahe Beziehung zu einander gebracht werden können.

Der Refraktionsindex  $r$  einer Flüssigkeit oder auch eines isotropen festen Körpers ändert sich nicht mit der Richtung und kann daher mit dem Molekularvolumen auf einem der üblichen Wege combinirt werden, um die Molekularrefraction zu erhalten. Demzufolge wird, wenn man die Gladstone'sche Formel benutzt, die Molekularrefraction aller regulär



krystallisirenden Substanzen aus der Formel  $V(r - 1)$  erhalten, worin  $V$  das Molekularvolumen ist.

Ist die krystallisirte Substanz anisotrop und besitzt zwei oder drei Hauptbrechungsindices, so ist nicht unmittelbar klar, in welcher Art und Weise die verschiedenen Indices combinirt werden müssen, um eine einzige Refractionsconstante zu erhalten. Hierbei müssen zwei Fälle unterschieden werden: der eine der einaxigen Substanzen mit zwei und der andere der zweiaxigen mit drei Hauptbrechungsindices.

Eine einaxige krystallisirte Substanz hat einen ausserordentlichen Brechungsindex  $e$  und einen ordentlichen  $o$ . Die optische Indexfläche eines solchen Krystalles ist ein Sphäroid, dessen Hauptkreisschnitt den Radius  $o$  und dessen Drehungsaxe als Halbmesser  $e$  hat. Das Volumen dieses Sphäroids ist  $\frac{4 o^2 e \pi}{3}$  und ist gleich dem einer Kugel vom Radius  $r = \sqrt[3]{o^2 e}$ . Dieser mittlere Brechungsindex  $r$  ist eine einfache Refractionsconstante, vergleichbar in seiner Art mit dem Brechungsindex  $r$  einer isotropen oder flüssigen Substanz.

In einem zweiaxigen Krystalle ist die optische Indicatrix ein Ellipsoid, das zu seinen drei Haupthalbmessern die drei Hauptbrechungsindices  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  hat. Der mittlere Brechungsindex einer zweiaxigen Substanz ist der Radiusvector  $r$  derjenigen Indexfläche, deren Radius gleich ist dem einer Kugel von gleichem Volumen. Das Volumen des Ellipsoids und der Kugel ist bez.  $\frac{4 \alpha \beta \gamma \pi}{3}$  und  $\frac{4 r^3 \pi}{3}$ . Der gesuchte mittlere Brechungsindex  $r$  ist also das geometrische Mittel der Brechungsindices  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$ .

Wenn eine doppeltbrechende Substanz, welche die Hauptbrechungsindices  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  oder  $o$  und  $e$  hat, geschmolzen und auf diese Weise amorph gemacht wird, so wird die Wellenfläche eine Kugel vom Radius  $r = \sqrt[3]{\alpha \beta \gamma}$  oder  $r = \sqrt[3]{o^2 e}$ , vorausgesetzt, dass keine Veränderung mit dem Schmelzen verbunden ist, abgesehen von der Zerstörung der regelmässigen Anordnung der Massentheile des Krystalles. In ähnlicher Weise wird beim Auflösen der krystallisirten Substanz in einem Lösungsmittel, wenn die Auflösung keinen anderen physikalischen Effect hat, als die regelmässige Anordnung der Theile zu zerstören, das Endresultat, was die specifische Brechung anbetrifft, ganz das gleiche sein wie bei der Auflösung einer isotropen Substanz vom Brechungsindex  $r = \sqrt[3]{\alpha \beta \gamma}$  oder  $r = \sqrt[3]{o^2 e}$ .

Es würde also möglich sein, die so erhaltenen Werthe von  $r$  zur Berechnung der Molekularrefraction von doppeltbrechenden krystallisirten Substanzen in ähnlicher Weise zu verwenden, wie man sie im Falle der Flüssigkeiten benutzt, und der Brechungsindex einer isotropen Substanz und der mittlere Brechungsindex  $r$  einer anisotropen würden gleichartige Grössen sein und die gleiche physikalische Bedeutung besitzen.

Anstatt  $r$  als geometrisches Mittel kann man es auch als arithmetisches erhalten, und zwar mit genügender Genauigkeit für die experimentellen Zahlen und viel grösserer Bequemlichkeit beim Arbeiten, so dass

$$r = \frac{\alpha + \beta + \gamma}{3} \text{ oder } \frac{2o + e}{3} \text{ ist.}$$

Der Gebrauch dieser angenäherten Werthe für  $r$  führt keinen merklichen Fehler ein, wenn nicht Substanzen von ausserordentlich hoher Doppelbrechung vorliegen. Ausgenommen diese wenigen Fälle wird daher im Folgenden das arithmetische Mittel genommen werden. Ferner sollen die Resultate, welche man mit Benutzung der Gladstone'schen Molekularrefraktionsformel erhält, allein in diesem Aufsätze behandelt werden, indessen wurde auch eine Prüfung der Formeln von Lorenz und von Lorentz vorgenommen, um klarzulegen, welche der beiden Ausdrucksweisen für krystallisirte Substanzen die besser verwendbare sei. Wenn man in der Gladstone'schen Formel  $r$  durch die entsprechenden Functionen der Refraktionsindices der betreffenden krystallisirten Substanzen ersetzt, so nimmt der Ausdruck selbstverständlich drei verschiedene Formen an, entsprechend den drei Arten der optischen Indicatrix, welche bei Krystallen möglich sind.

Die Formel der Molekularrefraction für reguläre Krystalle ist

$$V(r - 1), \quad (1)$$

diejenige für das hexagonale und tetragonale System

$$V\left\{\left(\frac{2o + e}{3}\right) - 1\right\}, \quad (2)$$

und für rhombische, monokline und asymmetrische Krystalle ist der Ausdruck

$$V\left\{\left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{3}\right) - 1\right\} \quad (3)$$

zu benutzen.

Die Thatsache, dass die Formel (2) und (3) für anisotrope Substanzen das sei, was die Gladstone'sche Formel für Flüssigkeiten ist, findet sich ausgesprochen bei Dufet (Bull. soc. franç. de min. 1887, **10**, 77), wo auch die Ausdrücke zur Berechnung der Molekularrefraction einer Reihe von Natriumphosphaten und -arseniaten gebraucht werden. Dufet verwendet die Methode aber nur zur Berechnung einer geringen Anzahl von Salzen etwas complexer Natur und gelangt also zu keinen allgemeinen Resultaten. Es ist unter diesen Umständen begreiflich, dass die Bedeutung, welche obige Formeln für die Untersuchung über Refraktionsconstanten haben, nicht erkannt wurde.

Es ist eben gezeigt worden, dass die Ausdrücke (2) und (3) nichts anderes sind als Erweiterungen der Gladstone'schen Formel, und ihr

Gebrauch bei den verwickelten optischen Eigenschaften anisotroper Substanzen nöthig ist. Diese Formeln sollen nun weiterhin gebraucht werden, sobald sich bei den verschiedenen krystallisirten Substanzen auf den folgenden Seiten dazu Gelegenheit giebt.

Es ist zunächst von grosser Wichtigkeit, für eine krystallisirte Substanz zu bestimmen, inwiefern ein Schmelzen oder Lösen eine Aenderung der Molekularrefraction bedingt; genügende Angaben hierüber scheinen nur in einem einzigen Falle, nämlich dem von Wasser und Eis, vorzuliegen. Die Refractionsconstanten des Wassers, einer leicht zu reinigenden Substanz, sind durch viele Forscher bis zu einem weit höheren Grade der Genauigkeit bestimmt worden, als es für unsere Zwecke erforderlich ist. In der ersten Abtheilung der Tabelle I sind von der Willigens Werthe für die Refractionsindices des Wassers bei 20,2° und von der Dichte 0,99825 für verschiedene Linien des Spectrums gegeben; die dritte Columnne derselben enthält die Molekularrefraction berechnet aus dem Molekularvolumen und den entsprechenden Brechungsindices. Die Brechungsindices  $o$  und  $e$  des hexagonalen einaxigen Eises wurden genau von Pulfrich (Wied. Ann. 1888, 34, 326, s. diese Zeitschr. 18, 436) bestimmt und sind in der zweiten Abtheilung der Tabelle I wiedergegeben. Diese Bestimmungen wurden bei 0° ausgeführt, und es wurde der von Bunsen angegebene Werth für die Dichte des Eises bei dieser Temperatur, nämlich 0,91674 zur Berechnung der Molekularrefraction benutzt. Die Differenzen  $\Delta$  zwischen der Molekularrefraction in flüssigem und festem Zustande sind in der letzten Columnne der Tabelle enthalten.

Tabelle I.

Linie	Wasser		E i s				$\Delta$
	$r$	$V(r-1)$	$o$	$e$	$r$	$V(r-1)$	
A	1,32889	5,9304	1,30496	1,30626	1,30539	5,9878	0,0574
B	1,33038	5,9573	1,30645	1,30775	1,30688	6,0255	0,0682
C	1,33143	5,9708	1,30745	1,30864	1,30764	6,0404	0,0696
D	1,33298	6,0042	1,30911	1,31041	1,30954	6,0778	0,0736
E	1,33522	6,0445	1,31140	1,31276	1,31185	6,1234	0,0786
F	1,33743	6,0790	1,31335	1,31473	1,31384	6,1666	0,0876

Ein Blick auf die Tabelle I genügt, um zu zeigen, dass die Molekularrefraction des Wassers nicht gleich der des Eises ist, sondern dass die Differenzen zwischen beiden etwa ein Procent betragen, eine Grösse, welche nicht auf Rechnung von Versuchsfehlern gestellt werden kann. Thatsächlich erhalten wir, wenn wir den Werth  $r_D$  für Eis aus dem für Wasser berechnen unter der Annahme, dass die Molekularrefraction in beiden Zuständen die gleiche ist, den Werth 1,30579, welcher kleiner ist als der des

ordinären und auch des extraordinären Refractionsindex für Eis. Daraus folgt also, dass die Molekularrefraction bei einer krystallisirten Substanz nicht nothwendigerweise die gleiche wie bei der gleichen Substanz in flüssigem Zustande ist.

In einer neuen Veröffentlichung von Tutton (diese Zeitschr. **27**, 252 ff.), welche eine grosse Anzahl von Thatsachen, die Refractionsconstanten von Krystallen betreffend, enthält, ist der Schluss gezogen (S. 284), »dass die Materie in einem Krystalle in Bezug auf Refraction dieselbe durchschnittliche Wirkung ausübt, als dieselbe Materie in unkrystallisirtem Zustande«. Dieser Schluss ist offenbar bei Eis und Wasser falsch und ist auch, wie jetzt gezeigt werden soll, im Allgemeinen nicht zutreffend.

Löst man z. B. ein Salz in Wasser, so ändert sich die Molekularrefraction der gelösten Materie schneller mit der Concentration in concentrirter als in verdünnter Lösung; es zeigt sich daher bei der Betrachtung der Curven, die man mit der Concentration und der Molekularrefraction als Coordinaten erhält, dass bei concentrirten Lösungen die Aenderung der Krümmung nicht stark ist, und in verdünnten die Curve nur wenig von einer geraden Linie abweicht. Führt man die Curven ausserhalb der durch die Versuche gegebenen Grenzen fort, so kann man die Molekularrefraction von Salzen in unendlich verdünnter oder 0 % Lösung einerseits, und in unendlich concentrirter oder 100 % Lösung andererseits berechnen; diese beiden Werthe würden in der Sprache der elektrischen Dissociationstheorie die Molekularrefraction von vollständig dissociirtem und von nicht dissociirtem Salz sein. Wegen der Unvollständigkeit der vorliegenden experimentellen Daten liefert eine solche Berechnungsweise der Molekularrefractionen in einer unendlich concentrirten Lösung nur eine sehr geringe Annäherung. Aber die erhaltenen Resultate lassen wenigstens erkennen, dass, je mehr die Concentration der Lösung steigt, um so mehr die Molekularrefraction des gelösten Salzes sich continuirlich derjenigen nähert, welche sich aus der oben angegebenen Methode für dasselbe Salz in krystallisirtem Zustande berechnet.

In dieser Weise geben Gladstone und Hibbert (Trans. of the Chem. Soc. London 1895, **37**, 838) die in Tabelle II verwendeten Zahlen für die Molekularrefractionen des Rubidium- und Cäsiumsulfats in wässriger Lösung an. Die Concentration der wässrigen Lösung ist in der zweiten Columnne und die entsprechende Molekularrefraction für die C-Linie in der dritten gegeben. Die folgende Columnne 4 enthält die Molekularrefraction in einer 100 % Lösung, berechnet aus den Werthen der zwei höchstconcentrirten Lösungen unter der Annahme, dass die Curve, welche die Beziehung zwischen Refraction und Concentration darstellt, eine gerade Linie durch die beiden, jener Concentration entsprechenden Punkte bilde. Die letzte Columnne enthält endlich die Molekularrefractionen der festen Salze nach der Formel (3) aus Tuttons Zahlen (diese Zeitschr. **27**, 113) berechnet.



Tabelle II.

Salz	Concentration	$M$ in Lösung	$M$ in 100 $\%$ -Lösung	$M$ in Krystallen $= V\{\frac{1}{3}(\alpha + \beta + \gamma) - 1\}$
$Rb_2SO_4$	30,84	38,39	37,68	37,74
-	17,53	38,42		
-	9,42	38,53		
$Cs_2SO_4$	58,26	47,53	47,68	47,81
-	27,08	47,42		
-	15,24	46,99		

Betrachtet man die im Grunde unzulängliche Natur der Methode, nach welcher die Zahlen in der vierten Columnne erhalten wurden, so ist die Uebereinstimmung zwischen dieser und der folgenden eine sehr nahe, dabei ist zu bemerken, dass die Molekularrefraction des gelösten Salzes im einen Falle sich im gleichen Sinne ändert, wie die Concentration, hingegen im anderen Falle im entgegengesetzten Sinne.

Die Molekularrefraction eines gelösten Salzes ist also nicht die gleiche wie die der krystallisirten Substanz, ein Schluss, welcher in Uebereinstimmung steht mit dem Ergebniss der S. 116 gegebenen Besprechung des Refractionsäquivalentes des Eises und Wassers.

Es sollte vielleicht noch bemerkt werden, dass, obgleich die Molekularrefraction einer Substanz in krystallisirtem Zustande berechnet aus den Formeln (1), (2) oder (3) nicht die gleiche ist, wie diejenige derselben Substanz in flüssigem oder gelöstem Zustande berechnet aus der gewöhnlichen Gladstone'schen Formel, dies doch nicht nothwendig einen Mangel oder einen Fehler in den Formeln beweist, sondern nur eine Folge des allgemeinen Principis ist, dass eine Aenderung im physikalischen Zustande einer Substanz fast immer eine Aenderung der Zahlenwerthe der physikalischen Constanten bedingt.

In der genannten Abhandlung behandelt Tutton sehr ausführlich die Molekularrefraction einer Anzahl Doppelsalze der Reihe  $R_2SO_4 \cdot MSO_4 + 6H_2O$  und schreibt ihnen die in der zweiten Columnne von Tabelle III aufgeführte Molekularrefraction zu. Die Methode, mit der die Mittelwerthe berechnet wurden, ist nicht angegeben, aber eine Prüfung der Zahlen zeigt, dass es die Mittelwerthe der Molekularrefractionen sind, welche aus dem grössten und dem kleinsten der drei Brechungsindices nach der Gladstone'schen Formel berechnet wurden. Der für die Berechnung verwendete Ausdruck war offenbar  $V\{\frac{1}{3}(\alpha + \gamma) - 1\}$  statt des S. 115 adoptirten, nämlich  $V\{\frac{1}{3}(\alpha + \beta + \gamma) - 1\}$ . Wenn es sich so verhält, so war die Rechnungsmethode eine rein empirische, und es ist wohl erlaubt,

zu schliessen, dass sie nur benutzt wurde, weil sie in dem Falle der wenigen Salze, welche der Autor in den beiden physikalischen Zuständen verglich, zufällig wesentlich den gleichen Werth für die Molekularrefraction des krystallisirten, wie des gelösten Salzes ergab. Die Berechnung der mittleren Molekularrefraction für krystallisirte Substanzen aus zwei von den drei Hauptbrechungsindices unter Vernachlässigung des einen, welcher von gleicher physikalischer Bedeutung wie die beiden anderen ist, kann nur dann angewendet werden, wenn der mittlere Brechungsindex  $\beta$  zufällig das arithmetische Mittel von  $\alpha$  und  $\gamma$  ist.

Tabelle III.

Metalle im Salz	Molekularrefraction		Differenzen $K_2 - Rb_2$ , $Rb_2 - Cs_2$ , $K_2 - Cs_2$		Berechnete Molekular- refraction
	Tutton	Pope	Tutton	Pope	
$K_2Mg$	92,44	92,08	5,32	5,40	—
$Rb_2 -$	97,73	97,48	9,69	9,73	97,44
$Cs_2 -$	107,42	107,24	15,04	15,13	107,23
$K_2Zn$	95,90	95,65	5,32	5,42	95,63
$Rb_2 -$	104,22	104,07	9,53	9,62	100,99
$Cs_2 -$	110,75	110,69	14,85	15,04	110,78
$K_2Fe$	96,92	96,85	5,11	5,23	96,53
$Rb_2 -$	102,03	104,88	9,97	10,02	104,89
$Cs_2 -$	112,00	111,90	15,08	15,25	111,68
$K_2Ni$	96,33	96,16	5,17	5,26	96,11
$Rb_2 -$	104,50	104,42	9,75	9,85	104,47
$Cs_2 -$	111,25	111,27	14,92	15,11	111,26
$K_2Co$	96,63	96,38	5,28	5,40	96,44
$Rb_2 -$	104,91	104,78	9,85	9,92	104,80
$Cs_2 -$	114,76	111,70	15,13	15,32	111,59
$K_2Cu$	97,29	96,87	5,25	5,29	96,68
$Rb_2 -$	102,54	102,16	9,26	9,36	102,04
$Cs_2 -$	111,80	111,52	14,51	14,65	111,83
$Rb_2Mn$	102,95	102,74	—	—	102,64
$Cs_2 -$	112,49	112,34	9,54	9,60	112,43
$Rb_2Cd$	105,80	105,61	—	—	105,14
$Cs_2 -$	114,58	114,44	8,78	8,83	114,91
$K_2SO_4$	32,30	32,25	5,49	5,52	—
$Rb_2 -$	37,79	37,77	9,98	10,04	—
$Cs_2 -$	47,77	47,81	15,47	15,56	—

In der Tabelle III sind in der ersten Columnne die beiden Metalle angegeben, welche das betreffende schwefelsaure Doppelsalz enthält; in der zweiten ist Tuttons Molekularrefraction des Salzes gegeben, während in der dritten die Molekularrefractionen aus der Gleichung (3) berechnet auf-

geführt sind. Die Columnen vier und fünf geben die Zunahme der Molekularrefraction für Tuttons und des Verfassers Zahlen, welche stattfindet, wenn man von einem Kaliumsalz zu einem Rubidium-, von einem Rubidium- zu einem Cäsium- und von einem Kalium- zu einem Cäsiumsalz übergeht. Diese Grössen sind in Gruppen von je drei angeordnet, deren jede einem und demselben zweiwerthigen Metalle entspricht.

Die Mittel- und Grenzwerthe dieser drei Differenzen sind in Tabelle IV zusammengestellt.

Tabelle IV.

	Zunahme der Molekularrefraction von					
	$K_2$ zu $Rb_2$		$Rb_2$ zu $Cs_2$		$K_2$ zu $Cs_2$	
	Grenzwerthe	Mittel	Grenzwerthe	Mittel	Grenzwerthe	Mittel
Tutton	5,41—5,49	5,28	8,78—9,98	9,59	14,54—15,47	14,99
Pope	5,23—5,52	5,36	8,83—10,04	9,55	14,65—15,56	15,15

Es ist nun gezeigt worden, dass innerhalb sehr enger Grenzen eine constante Zunahme der Molekularrefraction vom Kaliumsalz zum Rubidium- oder Cäsiumsalz stattfindet, wenn das zweiwerthige Metall das gleiche bleibt. Ebenso leicht ist es zu zeigen, dass, wenn man das zweiwerthige Metall ändert, während man das einwerthige Metall unverändert lässt, ein wesentlich constantes Anwachsen sich ergibt. Diese Zunahme der Molekularrefraction für die C-Linie, welche stattfindet, wenn man vom Magnesiumsalz zu irgend einem anderen Metalle übergeht, ist aus Tabelle V zu ersehen.

Tabelle V.

$Mg$ zu	$Zn$	$Ni$	$Co$	$Fe$	$Cu$	$Mn$	$Cd$
	3,57	4,08	4,30	4,27	4,80	—	—
	3,59	3,94	4,30	4,40	4,68	5,26	8,13
	3,48	4,06	4,49	4,69	4,34	5,13	7,23
Mittel	3,55	4,03	4,36	4,45	4,60	5,20	7,68

Kennt man die Molekularrefraction eines dieser Doppelsalze, so ist es nun möglich, dieselbe für irgend ein anderes zu berechnen, indem man nur die mittleren Differenzen für die Alkalimetalle (Tab. IV) und für die zweiwerthigen Metalle (Tab. V) zu addiren oder zu subtrahiren braucht. Die in der letzten Column der Tabelle III gegebenen Zahlen sind aus der Molekularrefraction des Magnesiumkaliumsulfats in dieser Weise berechnet;

die Annäherung dieser berechneten Werthe der sechsten Reihe an die gefundenen Werthe der dritten ist sehr gross.

Diese Uebereinstimmung macht es zugleich höchst wahrscheinlich, dass, wenn es sich um die Molekularrefraction anderer Reihen von Salzen handelt, diese Constanten sich in der Hauptsache als additive herausstellen werden, und dass es möglich sei, mit genügender Genauigkeit die Molekularrefraction eines krystallisirten Salzes aus einer Tabelle der Atomrefraction zu berechnen. Diese Ansicht fand sich vollkommen bestätigt bei der Prüfung der Refraktionsindices und Molekularvolumina einer grossen Anzahl anderer Salze.

Bei den oben besprochenen Doppelsalzen schien indessen kein Anzeichen darauf hinzudeuten, dass die Molekularrefraction eine andere als eine rein additive Eigenschaft sei, wahrscheinlich weil diese Salze meist isomorph und von gleichem Typus sind. Wo es sich aber um Salze von verschiedener Constitution handelt, kann möglicherweise gezeigt werden, dass die Werthe der Atomrefraction nur Durchschnittszahlen sind und sich in Wirklichkeit mit dem Typus ändern, ebenso wie Perkin (Trans. of the Chem. Soc. London 1896, **69**, 1025) in neuerer Zeit es für die Molekularrefraction von Flüssigkeiten gefunden hat.

Die Molekularrefractionen krystallisirter Salze sind in der Hauptsache die Summen der bestimmten Incremente der Refraction, welche den im Molekül enthaltenen Atomen oder Radicalen zukommt. Schreibt man den verschiedenen anorganischen Basen- und Säureradicalen bestimmte Refraktionsconstanten zu, so wird es möglich, mit recht grosser Annäherung an die gefundenen Werthe die Molekularrefraction irgend eines einzelnen krystallisirten Salzes zu berechnen. Die einzelnen Werthe der verschie-

Tabelle VI.

Radical	Aequivalent-refraction	Radical	Aequivalent-refraction	Radical	Aequivalent-refraction
<i>Na</i>	4,4	<i>Co</i>	13,18	<i>SO<sub>4</sub></i>	17,08
<i>Li</i>	4,45	<i>Fe''</i>	13,38	<i>SeO<sub>4</sub></i>	24,11
<i>K</i>	7,64	<i>Fe'''</i>	23,03	<i>CrO<sub>4</sub></i>	37,13
<i>Rb</i>	10,31	<i>Cu</i>	13,52	<i>ClO<sub>3</sub></i>	17,86
<i>Cs</i>	15,25	<i>Mn</i>	14,04	<i>BrO<sub>3</sub></i>	23,0
<i>NH<sub>4</sub></i>	11,38	<i>Cd</i>	16,53	<i>S<sub>2</sub>O<sub>6</sub></i>	34,39
<i>Sr</i>	13,95	<i>Al</i>	14,61	<i>SnCl<sub>6</sub></i>	86,5
<i>Ba</i>	18,94	<i>Cr'''</i>	22,25	<i>SiF<sub>6</sub></i>	11,51
<i>Pb</i>	30,02	<i>Ga</i>	16,52	<i>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></i>	21,6
<i>Tl</i>	22,14	<i>Cl</i>	10,99	<i>H<sub>2</sub>AsO<sub>4</sub></i>	27,72
<i>Mg</i>	8,81	<i>Br</i>	17,26	Krystallwasser	5,7
<i>Zn</i>	12,40	<i>J</i>	29,04		
<i>Ni</i>	12,84	<i>NO<sub>3</sub></i>	13,47		



denen Refractionsconstanten sind durch ein Ausgleichsverfahren aus den beobachteten Werthen der Molekularrefractionen der festen Salze berechnet worden.

Tabelle VI giebt diese Constanten der Atom- und Aequivalent-Refraction für eine grosse Zahl von basischen und sauren Radicals für die *D*-Linie.

In Tafel VII sind diese Aequivalentrefractionen benutzt, um die in der sechsten Columne enthaltenen Molekularrefractionen zu berechnen. Die aus den beobachteten Werthen der Refractionsindices und der Molekularvolumina unter Benutzung der Formeln (1), (2) und (3) berechneten Zahlen sind in der fünften Columne zusammengestellt. Die vierte Reihe enthält das Krystallsystem des Salzes, die dritte giebt den Autor der experimentellen Daten und die siebente und achte die wirklichen und die procentischen Differenzen zwischen den gefundenen und den berechneten Werthen an. In den wenigen Fällen, in welchen nur für ein einziges, ein bestimmtes Radical enthaltendes Salz Angaben vorlagen, ist die Aequivalentrefraction des Radicals aus der Molekularrefraction dieses einzigen Salzes berechnet worden. Diese Fälle sind in der Columne für die Differenzen durch Striche bemerkt.

Tabelle VII.

Nummer	Salz	Beobachter	Krystallsystem	$V(r-1)$		Differenzen $\Delta$	
				Beobacht.	Berechnet	Wirkliche	Procentische
1	$K_2Mg(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	T.	Monosym.	92,45	92,45	0	0
2	$Rb_2 - - -$	-	-	97,82	97,79	-0,03	-0,03
3	$Cs_2 - - -$	-	-	107,67	107,67	0	0
4	$K_2Zn - - -$	-	-	96,05	96,04	-0,01	-0,01
5	$Rb_2 - - -$	-	-	101,46	101,38	-0,08	-0,08
6	$Cs_2 - - -$	-	-	111,13	111,26	+0,13	+0,12
7	$K_2Fe - - -$	-	-	97,04	97,02	-0,02	-0,02
8	$Rb_2 - - -$	-	-	102,29	102,36	+0,07	+0,07
9	$Cs_2 - - -$	-	-	112,30	112,24	-0,06	-0,05
10	$K_2Ni - - -$	-	-	96,53	96,48	-0,05	-0,05
11	$Rb_2 - - -$	-	-	101,82	101,82	0	0
12	$Cs_2 - - -$	-	-	111,70	111,70	0	0
13	$K_2Co - - -$	-	-	96,78	96,82	+0,04	+0,04
14	$Rb_2 - - -$	-	-	102,11	102,16	+0,05	+0,05
15	$Cs_2 - - -$	-	-	112,17	112,04	-0,13	-0,12
16	$K_2Cu - - -$	-	-	97,30	97,16	-0,14	-0,14
17	$Rb_2 - - -$	-	-	102,59	102,50	-0,09	-0,09
18	$Cs_2 - - -$	-	-	112,01	112,38	+0,37	+0,33
19	$Rb_2Mn - - -$	-	-	103,14	103,02	-0,12	-0,12
20	$Cs_2 - - -$	-	-	112,82	112,90	+0,08	+0,07
21	$Rb_2Cd - - -$	-	-	106,40	105,51	-0,53	-0,50
22	$Cs_2 - - -$	-	-	114,90	115,39	+0,49	+0,42
23	$K_2Mg - - -$	T. und C.	-	92,75	92,45	-0,30	-0,33
24	$- Fe - - -$	-	-	96,43	97,04	+0,61	+0,59

Num- mer	Salz	Beob- achter	Krystall- system	$V(r-1)$		Differenzen $\Delta$	
				Beobacht.	Berechnet	Wirkliche	Procen- tische
25	$(NH_4)_2Mg(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	T. und C.	Monosym.	99,33	99,93	+0,60	+0,60
26	$K_2Mg(SeO_4)_2 \cdot 6H_2O$	-	-	106,64	106,51	-0,13	-0,12
27	- Zn - -	-	-	110,37	110,10	-0,27	-0,24
28	- Ni - -	-	-	110,27	110,54	+0,27	+0,24
29	- Co - -	-	-	110,66	110,88	+0,22	+0,20
30	- Cu - -	-	-	110,57	111,27	-0,30	-0,27
31	$(NH_4)_2Mg$ - -	-	-	113,84	113,99	+0,15	+0,13
32	- Zn - -	-	-	119,28	117,58	-1,70	-1,43
33	- Fe - -	-	-	118,87	118,56	-0,31	-0,26
34	- Ni - -	-	-	118,01	118,02	+0,01	+0,01
35	- Co - -	-	-	117,68	118,36	+0,67	+0,57
36	- Cu - -	-	-	118,39	118,70	+0,31	+0,26
37	$K_2SO_4$	T.	Rhomb.	32,35	32,36	+0,01	+0,03
38	$Rb_2$ -	-	-	37,89	37,70	-0,19	-0,50
39	$Cs_2$ -	-	-	47,99	47,58	-0,41	-0,85
40	$K_2SeO_4$	T. und C.	-	39,22	39,39	+0,17	+0,43
41	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	-	-	68,38	69,82	+1,44	+2,08
42	- $\cdot 6H_2O$	-	Tetragon.	63,73	64,12	+0,39	+0,61
43	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	-	Rhomb.	67,71	69,38	+1,67	+2,46
44	$Mg$ - -	-	-	65,27	65,79	+0,52	+0,80
45	$MgCrO_4 \cdot 7H_2O$	-	-	85,84	85,84	—	—
46	$MgSeO_4 \cdot 6H_2O$	-	Monosym.	69,78	67,12	-2,66	-3,80
47	Ni - -	-	Tetragon.	71,12	71,15	+0,03	+0,04
48	$(NH_4)_2SiF_6$	-	Kubisch	33,26	34,27	+1,01	+3,03
49	$NiSiF_6 \cdot 6H_2O$	-	Hexagon.	58,71	59,23	+0,52	+0,88
50	$KNi$ - -	-	-	58,02	58,55	+0,53	+0,91
51	Zn - -	-	-	57,83	58,11	+0,28	+0,48
52	$Mg$ - -	-	-	54,35	54,52	+0,17	+0,31
53	Mn - -	-	-	59,56	58,11	-1,45	-2,45
54	$MgSnCl_6 \cdot 6H_2O$	-	-	131,66	129,51	-2,15	-1,63
55	$K_2SnCl_6$	-	Kubisch	99,60	101,78	+2,18	+2,18
56	$K_2S_2O_6$	-	Hexagon.	49,67	49,67	—	—
57	$SrS_2O_6 \cdot 4H_2O$	-	-	71,14	71,14	—	—
58	Pb - -	-	-	86,74	87,21	+0,47	+0,55
59	$Li_2 \cdot 2H_2O$	-	Rhomb.	54,69	54,69	—	—
60	$KH_2PO_4$	-	Tetragon.	28,69	29,24	+0,55	+1,90
61	$NH_4H_2PO_4$	-	-	33,32	32,98	-0,34	-1,02
62	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	D.	Rhomb.	37,70	37,10	-0,60	-1,58
63	- - $\cdot H_2O$	-	-	34,99	34,10	-0,59	-1,84
64	$KH_2AsO_4$	T. und C.	Tetragon.	34,97	35,36	+0,39	+1,11
65	$NH_4$ - -	-	-	39,49	39,10	-0,39	-1,00
66	Na - - $\cdot 2HO_2$	D.	Rhomb.	43,52	43,22	-0,30	-0,68
67	- - - $\cdot H_2O$	-	-	37,56	37,52	-0,04	-0,10
68	$Na_2Al_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	S.	Kubisch	241,32	242,54	+1,22	+0,51
69	$(NH_4)_2$ - - -	-	-	255,37	257,10	+1,73	+0,68
70	$K_2$ - - -	-	-	249,56	249,62	+0,06	+0,02

Num- mer	Salz	Beob- achter	Krystall- system	$V(r - 1)$		Differenzen $\Delta$	
				Beobacht.	Berechnet	Wirkliche	Procen- tische
71	$K_2Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$	B.	Kubisch	246,40	249,62	+3,22	+1,30
72	$Rb_2 - - -$	S.	-	256,70	254,96	-1,74	-0,68
73	$Cs_2 - - -$	-	-	265,83	264,84	-0,99	-0,37
74	$Tl_2 - - -$	-	-	281,87	278,62	-2,85	-1,00
75	$- - - -$	B.	-	272,40	278,62	+6,22	+2,29
76	$(NH_4)_2Cr_2 - -$	S.	-	269,98	272,38	+2,40	+0,89
77	$K_2 - - -$	-	-	265,14	264,90	-0,24	-0,09
78	$Rb_2 - - -$	-	-	270,46	270,24	-0,22	-0,08
79	$Cs_2 - - -$	-	-	279,85	280,12	+0,27	+0,10
80	$Tl_2 - - -$	-	-	298,73	293,90	-4,83	-1,62
81	$(NH_4)_2Fe - -$	-	-	272,85	273,94	+1,09	+0,40
82	$- - - -$	T. und C.	-	272,32	273,94	+1,62	+0,60
83	$K_2 - - -$	S.	-	268,35	266,46	-1,89	-0,70
84	$- - - -$	T. und C.	-	264,93	266,46	+1,53	+0,58
85	$Rb_2 - - -$	S.	-	276,53	274,80	-1,73	-1,71
86	$- - - -$	B.	-	274,60	274,80	+0,20	+0,07
87	$Cs_2 - - -$	S.	-	280,25	284,68	+4,43	+0,51
88	$Tl_2 - - -$	-	-	293,35	295,46	+2,11	+0,74
89	$(NH_4)_2Ga_2 - -$	-	-	263,87	260,92	-2,95	-1,42
90	$K_2 - - -$	-	-	253,86	253,44	-0,42	-0,16
91	$Rb_2 - - -$	-	-	267,36	258,78	-8,58	-2,55
92	$Cs_2 - - -$	-	-	268,83	268,66	-0,17	-0,06
93	$Tl_2 - - -$	-	-	278,96	282,44	+3,58	+1,28
94	$NaCl$	G.	-	14,78	15,09	+0,31	+1,96
95	$-$	B.	-	14,69	15,09	+0,40	+2,53
96	$KCl$	G.	-	18,72	18,63	-0,09	-0,47
97	$-$	B.	-	18,60	18,63	+0,03	+0,16
98	$KBr$	T. und C.	-	24,85	24,90	+0,05	+0,20
99	$-$	B.	-	24,32	24,90	+0,58	+2,42
100	$KJ$	T. und C.	-	36,29	36,68	+0,39	+1,08
101	$-$	B.	-	35,80	36,68	+0,88	+2,44
102	$RbCl$	-	-	21,07	21,30	+0,23	+1,09
103	$RbBr$	-	-	27,62	27,57	-0,05	-0,18
104	$NH_4Cl$	-	-	22,97	22,37	-0,60	-2,64
105	$NH_4J$	-	-	40,50	40,42	-0,08	-0,20
106	$-$	T. und C.	-	40,81	40,42	-0,39	-0,95
107	$NaClO_3$	B.	-	21,96	21,96	-	-
108	$NaBrO_3$	-	-	27,58	27,10	-0,48	-1,71
109	$Mg(BrO_3)_2 \cdot 6H_2O$	D.	-	86,88	89,01	+2,13	+2,44
110	$Zn - - -$	-	-	93,10	92,60	-0,50	-0,54
111	$Ba(NO_3)_2$	B.	-	45,96	45,88	-0,08	-0,16
112	$-$	T. und C.	-	45,80	45,88	+0,08	+0,16
113	$Sr(NO_3)_2$	B.	-	40,66	40,89	+0,23	+0,57
114	$Pb(NO_3)_2$	-	-	57,14	56,96	-0,18	-0,31
115	$- -$	T. und C.	-	57,26	56,96	-0,30	-0,53

Fünfundzwanzig von den aufgezählten Salzen wurden von Tutton (T.) untersucht. Es muss darauf hingewiesen werden, dass in diesem Falle die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und den berechneten Werthen sehr vollständig ist. Weitere fünfundzwanzig Salze wurden von Topsoë und Christiansen (T. und C.) (Ann. Chim. Phys. 1874, [5] 1, 5) in der Hoffnung untersucht, dass die Resultate zu irgend einer Verallgemeinerung, wie sie nun dargelegt ist, führen würden. Die Uebereinstimmung zwischen den gefundenen und den berechneten Werthen ist hier nicht ganz so gut, wie in dem Falle, wo Tuttons Angaben benutzt wurden, wahrscheinlich in Folge grösserer experimenteller Fehler. Viele der Werthe (G.) sind aus Gladstone und Hibbert (Trans. of the Chem. Soc. London 1895, 67, 831) entnommen und einige (B.) stammen aus einer neuen Abhandlung von Le Blanc und Rohland (Zeitschr. f. phys. Chemie 1896, 19, 264). Letztere scheinen mit der Methode von Le Blanc (Zeitschr. f. phys. Chemie 1892, 10, 433) bestimmt zu sein, deren Genauigkeit noch nicht genügend festgestellt ist. Die grosse Reihe der Alaune (S.), welche von Soret (Arch. Sc. Phy. Nat. 1884, [3] 12, 533; diese Zeitschr. 1886, 11, 497) untersucht wurden, ist ebenfalls in der Tabelle verwerthet. Diese Salze gehören dem regulären Systeme an, in Folge dessen keine Complicationen eintreten, wie bei den Salzen mit mehreren Hauptbrechungs-exponenten. Gladstone (Phil. Mag. 1885, 20, 462) war daher in Stand gesetzt, mit Sorets Angaben zu arbeiten, und benutzte die Brechungs-indices für die C-Linie. Verschiedene der experimentellen Werthe wurden von Dufet (D.) erhalten.

Es muss bemerkt werden, dass, obgleich fünf verschiedene Krystall-systeme durch eine genügende Anzahl von Beispielen repräsentirt sind, und daher verschiedene Arten der Bestimmung von Refraktionsconstanten nothwendig waren, dennoch die Uebereinstimmung der beobachteten und der berechneten Molekularrefractionen von derselben Grössenordnung in jedem Systeme ist. Die Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen sind ferner etwa von derselben Grössenordnung, wie man den experimentellen Fehler in den meisten Fällen schätzen muss. Obgleich keiner der Autoren, deren Angaben benutzt sind, etwas über die Grösse des Versuchsfehlers angiebt, ist letzterer in einigen Fällen doch unzweifelhaft gross. Das kann man beim Vergleich der Salze sehen, von denen zwei Bestimmungen anscheinend von gleicher Genauigkeit aufgenommen sind. Im Falle des Indiumalauns ist der wahrscheinlich durch Verunreinigung des Salzes hervorgerufene Fehler so gross, dass keine vertrauenswerthen Zahlen für die Atomrefraction des Indiums berechnet werden konnten.

Die in Tabelle VI gegebenen Atom- und Aequivalentrefractionen differiren nicht wenig von denen, welche frühere Forscher auf diesem Gebiete



aus Beobachtungen, welche an Lösungen gemacht wurden, abgeleitet haben. Dies ist, obgleich weniger günstig für die Zwecke der Vergleichung, insofern vielleicht kein Nachtheil, als es zur Beseitigung einiger der sehr allgemein vorherrschenden Irrthümer beitragen kann. Diese Zahlen sind rein empirische Grössen und besitzen nicht nothwendigerweise irgend eine Beziehung zu den Refractionskonstanten, welche aus der Beobachtung an den freien Elementen selbst abgeleitet sind (vergl. Brühl, Zeitschr. f. phys. Chemie 1894, 7, 4). In der That scheint es auf den ersten Blick überhaupt nicht logisch, in dem Falle einer so wesentlich constitutiven Eigenschaft, wie die Molekularrefraction es ist, von Atomrefraction zu reden, obgleich man es als vortheilhaft und nothwendig finden mag.

Dies vorausgeschickt, ist es von geringer Bedeutung, dass die jetzt gegebenen Atomrefractionen von den vorher benutzten abweichen. Die in Tabelle VI aufgeführten stimmen bei einer gewissen Zahl von Substanzen von recht ähnlichen Typen, besonders Metallsalzen, gut, aber wenn aus den Messungen, welche an einer grossen Zahl von Verbindungen von sehr verschiedenen Typen gemacht worden sind, genaue Daten abgeleitet sein werden, werden die Atomrefractionen in Tafel VI ohne Zweifel nicht nur vermehrt, sondern auch corrigirt werden.

Zur Zeit ist die Liste genau genug, um meiner Ansicht, dass die Molekularrefractionen fester Salze in der Hauptsache die Summen bestimmter sogenannter Atom- oder Aequivalent-Refractionen seien, zur Unterlage zu dienen.

Es sollte vielleicht noch erwähnt werden, dass Mallard (*Traité de cristallographie* 1884, 2, 490) eine Tafel der Refractionskonstanten verschiedener Oxyde angefertigt hat, um daraus die Molekularrefractionen einer Anzahl von Mineralien, hauptsächlich Silicate, berechnen zu können. Diese Frage ist aber offenbar nicht weiter verfolgt worden.

Den ungeheuren Fortschritt, welchen die organische Chemie in den letzten fünfzig Jahren machte, verdanken wir fast nur der verhältnissmässigen Leichtigkeit, mit der sowohl physikalische als chemische Methoden zur Bestimmung der Molekularconstitution erdacht worden sind. Dass man jetzt noch so wenig von der Constitution der anorganischen Verbindungen weiss, beruht wesentlich auf der Schwierigkeit, solche Substanzen chemischen Angriffen zu unterwerfen, ohne sie von Grund aus zu verändern. Die eigenthümliche Einwirkung des Wassers, gewöhnlich des einzigen, in Betracht kommenden Lösungsmittels, und die Unschmelzbarkeit und Schwerlöslichkeit der meisten anorganischen Verbindungen vermehren die Schwierigkeit der Bestimmung ihrer Constitution. Die Folge davon ist, dass bei den meisten anorganischen Verbindungen praktisch keine chemischen Mittel zur Bestimmung der Constitution zur Verfügung stehen, da die Substanzen nothwendigerweise in festem Zustande untersucht werden

müssen. Fast die einzigen brauchbaren Methoden, um zur Erkenntniss der Constitution anorganischer Verbindungen zu gelangen, sind daher nothwendigerweise physikalische, und bekanntlich sind solche Methoden noch nicht in grösserer Ausdehnung auf feste Substanzen angewendet worden. Es ist daher zu hoffen, dass die Anwendung einer so wesentlich constitutiven Eigenschaft, wie der Molekularrefraction, beim Studium anorganischer Verbindungen viel Licht auf die Constitution so complexer Substanzen, wie z. B. die Salze der Wolfram-, Molybdän- und Phosphorsäure sind, werfen wird.

**Anmerkung des Verfs. bei der Correctur.**

Bald nach der Veröffentlichung des englischen Textes der obigen Arbeit in den *Transact. of the Chem. Soc.* 1896, **69**, 1530, publicirte Hr. Tutton (*Proceed. Chem. Soc.* 1897, 10) eine kritische Notiz über dieselbe und wies auf eine Anzahl numerischer Irrthümer in den Tabellen hin, von denen die wichtigsten inzwischen auch von mir gefunden worden waren (*Proceed. Chem. Soc.* 1897, 11). Ich glaube, in dem vorliegenden deutschen Abdrucke alle numerischen Fehler corrigirt zu haben.

Herr Tutton theilte mir mit, dass die erwähnte Notiz nur der Auszug eines vollständigeren Aufsatzes ist, welcher demnächst erscheinen wird, daher ich auf seine Einwendungen gegen meine Arbeit gegenwärtig noch nicht eingehe.

## VI. Eine Acetonverbindung der Camphersäure.

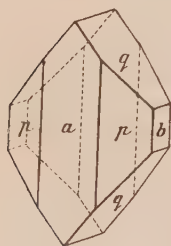
(Mittheilungen aus dem krystallographischen Laboratorium des »Central Technical College« in London. Nr. XI.)

Von

W. J. Pope in London.

(Mit 1 Textfigur.)

Dextrocamphersäure ist in Aceton mässig löslich, und die Lösung liefert bei freiwilliger Verdunstung Krystalle von der Zusammensetzung  $C_{10}H_{16}O_4$ ,  $\frac{1}{2}(CH_3)_2CO$ . Diese Krystalle sind grosse, durchsichtige Tafeln oder Prismen, welche dem rhombischen System angehören (s. Figur).



Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,8586 : 1 : 1,2386.$$

Combinationen:  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $p\{110\}$ ,  $q\{011\}$  und  $p'\{120\}$ .

Folgende Winkelmessungen wurden erhalten:

	Zahl der Beob.:	Grenzwerte:	Mittel:	Berechn.:
$ap = (100):(110)$	24	$40^{\circ}34' - 40^{\circ}50'$	$*40^{\circ}39'$	—
$ap' = (100):(120)$	5	$59\ 37 - 59\ 54$	$59\ 49$	$59^{\circ}47'$
$bp = (010):(110)$	18	$49\ 11 - 49\ 27$	$49\ 19$	$49\ 21$
$bp' = (010):(120)$	6	$30\ 4 - 30\ 19$	$30\ 11$	$30\ 13$
$pp = (110):(1\bar{1}0)$	9	$81\ 4 - 81\ 34$	$81\ 17$	$81\ 18$
$pp' = (110):(120)$	3	$18\ 59 - 19\ 12$	$19\ 5$	$19\ 8$
$bq = (010):(011)$	29	$38\ 51 - 39\ 5$	$*38\ 55$	—
$qq = (011):(0\bar{1}1)$	5	$101\ 58 - 102\ 24$	$102\ 12$	$102\ 10$
$pq = (110):(011)$	11	$59\ 17 - 59\ 40$	$59\ 28$	$59\ 33$
$pq = (110):(0\bar{1}1)$	6	$120\ 13 - 120\ 48$	$120\ 29$	$120\ 27$

Die Krystalle können leicht einen Centimeter lang erhalten werden und pflegen einzeln in der Lösung zu wachsen. Die herrschende Form ist  $a\{100\}$  und dieses nebst dem anderen Pinakoid  $b\{010\}$  giebt am Goniometer gute Reflexe. Das Doma  $q\{011\}$  ist häufig sehr breit und giebt nur mässig scharfe Reflexe. Das Prisma  $p\{110\}$  ist in der Grösse sehr veränderlich und gestattet keine guten Messungen, während das Prisma  $p'\{120\}$  nicht oft beobachtet wurde. Die Flächen dieser Zone sind parallel der Zonenaxe gestreift. Spaltbarkeit ist vollkommen parallel  $a\{100\}$  und weniger vollkommen parallel  $b\{010\}$  vorhanden. Die Spaltflächen sind gewöhnlich parallel der  $c$ -Axe gestreift.

Die Axe  $b$  ist die spitze Bisectrix und die optische Axenebene ist  $a\{100\}$ . Der Axenwinkel ist gross. Die Stärke der Doppelbrechung mittelmässig und ihr Charakter positiv. Dispersion gering.

Obgleich diese Substanz in Lösung optisch activ ist, konnte doch kein Anzeichen von Hemiëdrie an ihr wahrgenommen werden. Die vorhandenen Formen werden in Bezug auf die Zahl der Flächen durch die enantiomorphe Hemiëdrie nicht beeinflusst, und Versuche, charakteristische Aetzfiguren zu erhalten, blieben erfolglos.

Bei kühlem Wetter blieben die Krystalle an der Luft unverändert, wenn sie aber warmer Witterung ausgesetzt waren, wurden sie opalescirend und nach längerem Liegen oberflächlich ganz weiss und undurchsichtig, was vom Verluste des Krystallacetons herrührte. Die Krystalle behielten aber ihre Form und zum grossen Theil ihren Glanz während dieser Veränderung und blieben ganz hart und spröde. Einige dieser porzellanähnlichen Krystalle wurden gemessen, und die Resultate stimmten mit den oben aufgeführten überein. Es ist sehr merkwürdig, dass die Krystalle, aus denen das Aceton vollständig entwichen war, ihre zwei Spaltbarkeiten behielten. Es wurden Versuche gemacht, die opaken Krystalle wieder durchsichtig zu machen, indem sie in verschiedene Flüssigkeiten eingelegt wurden, in der Absicht, ähnliche Resultate bei ihnen zu erlangen, wie Mallard bei seinen bekannten Experimenten an Zeolithen, aber ohne Erfolg. Legt man die opaken Krystalle in Aceton, so zerfallen sie langsam in ein feines, weisses Pulver, ohne wieder durchsichtig zu werden, und andere Flüssigkeiten scheinen von den Krystallen nicht aufgenommen zu werden.

Die Gesamtmenge des Krystallacetons ist, obgleich die durchsichtigen Krystalle fortwährend Aceton an der Luft verlieren, dennoch bei den grösseren nach mehrtägigem Aussetzen an gewöhnliche Temperatur nicht entwichen. Wirft man die Krystalle auf eine Metallplatte, welche zum Siedepunkte des Anilins erhitzt ist, so entweicht die Krystallflüssigkeit so schnell, dass die Krystalle zerfallen und unter Umständen das entweichende Aceton sich entzündet. Massive Krystalle verlieren hingegen immer noch



an Gewicht, nachdem sie zehn Stunden auf hundert Grad erhitzt wurden. Das Gewicht wird erst nach vierstündigem Erhitzen auf 150° constant. Folgende Zahlen mögen als Belege dienen :

$$2,6184 \text{ g verlieren } 0,3297 \text{ g bei } 150^{\circ} = 12,59\%$$

$$2,4271 \text{ g} \quad - \quad 0,3061 \text{ g} \quad - \quad - = 12,64$$

$$\text{Theoretischer Verlust für } C_{10}H_{16}O_4, \frac{1}{2}CO(CH_3)_2 = 12,66$$

Proben der Camphersäure aus Wasser und aus Aceton krystallisirt schmelzen bei langsamem und bei schnellem Erhitzen bei der gleichen Temperatur, wenn man sie ins gleiche Bad setzt.

Da das Aceton verhältnissmässig fest von der Camphersäure zurückgehalten wird, ist es interessant zu bemerken, dass die spezifische Rotation der in Aceton gelösten Säure nicht merklich von der in anderen Lösungen beobachteten verschieden ist (Aschon, Acta. Soc. Scient. fenn. **21** [5], 1).

Die Krystallform der l-Camphersäure wird natürlich die enantiomorphe Structur zu derjenigen der d-Camphersäure besitzen. Zweifellos krystallisiren beide in gleichartigen rhombischen Krystallen mit einem halben Molekül Krystallaceton. Es möchte von grossem Interesse sein, festzustellen, ob die racemische Camphersäure mit einem halben Molekül Krystallaceton und ihre wie auch immer zusammengesetzten Krystalle eine morphotropische Beziehung zu der inactiven Säure aufweisen. Weiter ist es von Wichtigkeit, die Rechts-, Links- und die racemische Isocamphersäure auf ihre Krystallform und ihre morphotropischen Beziehungen zur gewöhnlichen Camphersäure und zu den Camphersäureanhydriden zu untersuchen. Die Erforschung dieser Punkte hat sich der Verfasser vorgenommen.

Eine Vergleichung der krystallographischen Eigenschaften der oben beschriebenen Substanz mit denen der gewöhnlichen monosymmetrischen Krystalle der Camphersäure zeigt, wenn überhaupt eine, dann nur eine sehr geringe eigentliche morphotropische Beziehung zwischen ihnen. Vergleicht man jedoch die Krystallform der Acetonverbindung mit der des Camphersäureanhydrids, so findet sich eine merkwürdig nahe Beziehung. Das Camphersäureanhydrid ist krystallographisch von von Zepharovich (Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1876, **73**, I, 7) untersucht worden, welcher die geometrischen und optischen Constanten bestimmt hat. Aus dessen Angaben ist deutlich zu ersehen, dass die neue eben beschriebene Substanz morphotropische Beziehungen zur Camphersäure aufweist. Da jedoch einige Punkte vorhanden waren, in denen eine Vergleichung wegen der, wie es scheint, unvollständigen Beschreibung unmöglich war, so hielt ich es für gut, das Anhydrid nochmals zu untersuchen. Dies geschah mit dem Erfolge, dass die krystallographische Aehnlichkeit der beiden Substanzen sogar noch grösser gefunden wurde, als zuerst angenommen worden war.

Das Camphersäureanhydrid krystallisirt aus Aceton, in dem es

vollkommen löslich ist, in grossen Prismen, welche kein Krystallaceton enthalten. Es krystallisirt aus Essigäther oder Aethyläther in sehr glänzenden, durchsichtigen Prismen oder Tafeln, dem Ansehen nach den entsprechenden Formen der Acetonverbindung der Camphersäure sehr ähnlich. Die für die Goniometermessung geeignetsten Krystalle entstanden bei der freiwilligen Verdunstung der alkoholischen, mit Aceton versetzten oder der ätherischen Lösung; denn die Substanz ist nur wenig in kaltem Alkohol löslich. Die Krystalle, welche sich daraus absetzten, waren ausgehende dünne Platten mit starker Streifung im Inneren, und in Folge dessen natürlich sehr leicht zerbrechlich. Die Krystalle zeigten die Formen, welche von Zepharovich erwähnt wurden, und auch das Prisma  $p\{120\}$ . Letzteres ist selten vorhanden und ist, obgleich es gute Reflexe giebt, stets sehr schmal ausgebildet.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,9989 : 4 : 4,7254 \text{ Pope.}$$

$$a : b : c = 0,9973 : 4 : 4,7170 \text{ Zepharovich.}$$

Beobachtete Formen:

$$a\{100\}, q\{011\}, r\{101\}, c\{001\}, p\{120\}, r_1\{102\}.$$

In der folgenden Tafel der Winkel sind die von Zepharovich erhaltenen Werthe der Vergleichung halber angeführt, und die Zahlen, welche er als Grundlage der Berechnung benutzte, mit Sternchen versehen.

	Zahl der Beobacht.:	Grenzwerte:	Mittel:	Berechnet.	
				Pope:	Zeph.:
$ar = (100):(101)$	44	$29^0 49' - 30^0 25'$	$*30^0 41\frac{1}{2}'$	—	$30^0 9'$
$ar_1 = (100):(102)$	8	$48 50 - 49 34$	$49 43$	$49^0 44\frac{1}{2}'$	$49 47$
$rr_1 = (101):(102)$	40	$48 54 - 49 48$	$49 7\frac{1}{2}$	$49 7$	$49 8$
$cr = (001):(101)$	34	$59 29 - 60 24$	$59 54$	$59 55\frac{1}{2}$	$59 54$
$cr_1 = (001):(102)$	8	$40 34 - 40 59$	$40 47$	$40 48\frac{1}{2}$	$40 43$
$cq = (001):(011)$	47	$59 47 - 60 38$	$*59 54$	—	$59 47$
$qq = (011):(01\bar{1})$	6	$59 54 - 60 30$	$60 15$	$60 42$	$60 26$
$qq = (011):(0\bar{1}1)$	8	$119 46 - 120 0$	$119 44$	$119 48$	$119 34$
$ap = (100):(120)$	42	$63 9 - 63 46$	$63 26$	$63 24\frac{1}{2}$	—
$pq = (120):(011)$	4	$39 7 - 39 34$	$39 24$	$39 49$	—
$pr = (120):(101)$	7	$66 58 - 67 27$	$67 44$	$67 43$	—
$qr = (011):(101)$	6	$75 44 - 75 50$	$75 29$	$75 26\frac{1}{2}$	—

Parallel  $c(001)$  ist eine vollkommene und parallel  $a(100)$  eine weniger vollkommene Spaltbarkeit vorhanden. Diese zwei Richtungen der Spaltbarkeit sind von Zepharovich anscheinend nicht bemerkt. Die optische Axenebene ist  $a(100)$  und die  $c$ -Axe ist die spitze Bisectrix. Die Doppelbrechung ist schwach und negativ. Der Winkel der optischen Axen ist klein, unge-

fähr  $30^\circ$  in Luft, und die Dispersion gering. Das Interferenzbild ist durch eine Spaltungsplatte parallel  $c(001)$  sichtbar.

Obgleich die Substanz in Lösung optisch activ ist, konnte doch keine Spur von Pyroelektricität bemerkt werden. Verschiedene Versuche mit einer Reihe von Lösungsmitteln, durch Aetzfiguren eine Hemiedrie nachzuweisen, wurden gemacht, aber sie hatten durchaus keinen Erfolg. Es muss jedoch bemerkt werden, dass man dies nicht für ein besonders zwingendes Argument zu Gunsten einer holoëdrischen Ausbildung des Krystalles betrachten kann; sehr wahrscheinlich könnte man bei glücklicher Wahl der Bedingungen asymmetrische Aetzfiguren erhalten. (Vergl. Walden, Ber. d. d. chem. Ges. 1896, **29**, 1692; Traube ebenda, 2446.)

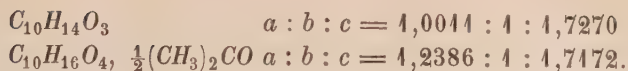
Ändert man die Axenverhältnisse  $a : b : c = 0,9989 : 1 : 1,7254$  des Camphersäureanhydrids in der Weise, dass man die  $a$ - und  $b$ -Axe vertauscht, so erhält man  $a : b : c = 1 : 0,9989 : 1,7254$ , während die neuen Indices sich für die beobachteten Formen ergeben als:  $a\{010\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $q\{101\}$ ,  $r\{011\}$ ,  $r_1\{012\}$  und  $p\{110\}$ .

In ähnlicher Weise soll das Axenverhältniss für die neue Verbindung der Camphersäure mit Aceton so umgeformt werden, dass das neue Verhältniss die Werthe des alten  $c : b : 2a$  annimmt, woraus sich  $a : b : c = 1,2386 : 1 : 1,7172$  ergibt. Die Indices der Formen ändern sich gleichzeitig in  $b\{010\}$ ,  $a\{001\}$ ,  $p_1\{011\}$ ,  $p\{012\}$  und  $q\{110\}$ .

Die grosse Aehnlichkeit zwischen den zwei Krystallformen ist nun ersichtlich. Die Krystalle von der Zusammensetzung  $C_{10}H_{16}O_4, \frac{1}{2}CH_3COCH_3$  zeigen die Formen  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{012\}$  und  $\{110\}$ , während diejenigen des Camphersäureanhydrids die gleichen Formen noch mit  $\{101\}$  aufweisen. Die Aehnlichkeit ist damit noch nicht erschöpft, denn in der Zone  $[100]$ , welche die vier zusammengehörigen Formen  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{011\}$  und  $\{012\}$  bilden, ist jeder Winkel bei der einen Substanz, wie gemessen wurde, genau so gross wie bei der anderen Verbindung. Die folgende Tabelle zeigt dies deutlich.

	$C_{10}H_{14}O_3$		$C_{10}H_{16}O_4, \frac{1}{2}Me_2CO$
	Pope:	Zepharovich:	
$(010):(011) =$	$59^\circ 55\frac{1}{2}'$	$59^\circ 51'$	$59^\circ 47'$
$(010):(012)$	$40\ 48\frac{1}{2}$	$40\ 43$	$40\ 39$
$(004):(011)$	$30\ 4\frac{1}{2}$	$30\ 9$	$30\ 13$
$(004):(012)$	$49\ 11\frac{1}{2}$	$49\ 17$	$49\ 21$
$(011):(012)$	$49\ 7$	$49\ 8$	$49\ 8$

Dieselbe morphotrope Beziehung ist auch deutlich ausgedrückt in der bestehenden Uebereinstimmung der Verhältnisse  $c : b$  bei der neuen Form, in welche die Axenverhältnisse gebracht worden sind. So ist für



Ferner ist eine sehr enge Beziehung zwischen der Spaltbarkeit und der Stellung der beiden Krystallformen vorhanden. Die Krystalle des Camphersäureanhydrids zeigen eine sehr vollkommene Spaltbarkeit nach  $c\{004\}$  und eine weniger gute nach  $a\{100\}$ , während die Krystalle der Camphersäure mit Aceton eine sehr vollkommene Spaltbarkeit nach  $a\{100\}$  und eine unvollkommene nach  $b\{010\}$  aufweisen. Ändert man die Indices dieser Formen in Uebereinstimmung mit der oben beschriebenen Methode für beide Substanzen in entsprechender Weise, so zeigt sich in beiden Fällen eine vollkommene Spaltbarkeit nach  $\{004\}$  und eine verhältnissmässig unvollkommene nach  $\{010\}$ . Die Uebereinstimmung zwischen den Spaltbarkeiten ist daher vollständig.

Nun ist aber bei den Krystallen des Camphersäureanhydrids die optische Axenebene  $\{010\}$  und die spitze Bisectrix die  $c$ -Axe, wogegen bei der Verbindung  $C_{10}H_{16}O_4 \cdot \frac{1}{2}(CH_3)_2CO$  die optische Axenebene  $\{100\}$  und die  $b$ -Axe die spitze Bisectrix ist. Formt man wie vorher Indices und Axen um, so ergiebt sich klar, dass in beiden Fällen die optische Axenebene  $\{004\}$  und die  $b$ -Axe die spitze Bisectrix ist. Hier ist also die Uebereinstimmung ausserordentlich vollkommen. Der Charakter der Doppelbrechung ist in beiden Substanzen der gleiche, aber der Winkel der optischen Axen ist beim Camphersäureanhydrid bedeutend kleiner als bei der Säure selbst.

Schliesslich ist noch die Streifung, welche an den beiderlei Krystallen beobachtet wurde, übereinstimmend, indem alle Formen der Zone  $[400]$  parallel zur Zonenaxe gestreift sind.

Ich möchte bemerken, dass die Indices und Axenverhältnisse der zweiten Stellung, die oben für jede der beiden Camphersäurederivate angegeben wurde, vollkommen mögliche sind und bei der Beschreibung der Krystalle in erster Linie angewendet worden wären, hätte man nicht auf die conventionelle Art der Beschreibung von Krystallen Rücksicht genommen, wonach die Hauptdomenform gleiche Abschnitte auf zwei Axen bilden und die  $c$ -Axe die längste, die  $a$ -Axe aber die kürzeste Axe sein soll.

Betrachtet man die Natur dieser krystallographischen Aehnlichkeit, welche zwischen den beiden Verbindungen besteht, etwas näher, so muss man den Verdacht fallen lassen, es möchte ein Zufall herrschen, und zu dem Schlusse kommen, dass zwischen beiden Substanzen, welche, obwohl weit in der Zusammensetzung verschieden, doch in der Constitution sehr ähnlich sind, eine der auffälligsten morphotropischen Beziehungen, welche es wahrscheinlich giebt, existirt.

Die Thatsache, dass deutliche morphotropische Beziehungen zwischen Camphersäureanhydrid und der Acetonverbindung der Camphersäure be-



stehen, während sie hingegen krystallographisch von der Camphersäure ganz verschieden sind, kann möglicherweise sehr leicht ihren Grund in Dimorphismus der Camphersäure haben, indem dann die fehlende rhombische Form zu Camphersäureanhydrid und der neuen Verbindung in morphotropischer Beziehung stände. Versuche, welche mit verschiedenen Methoden angestellt wurden, um Polymorphismus der Camphersäure und ihres Anhydrids sicher nachzuweisen, verliefen alle resultatlos.

Die Wichtigkeit des Forschens nach morphotropischen Beziehungen, wie sie eben gezeigt wurden, bei Campherderivaten, deren Constitutionen und Constitutionsbeziehungen so zweifelhaft sind, kann nie genug betont werden.

---

## VII. Beiträge zur Mineralogie Bayerns.

Von

E. Weinschenk in München.

---

Durch die zahlreichen Untersuchungen von J. N. v. Fuchs, v. Kobell, v. Gümbel, v. Sandberger und Anderen ist die Kenntniss der in Bayern vorkommenden Mineralien in verhältnissmässig früher Zeit zu einer umfassenden geworden. Vor allem waren es die chemischen Eigenschaften und die Art des geologischen Verbandes, welche an einer grossen Anzahl von Vorkommnissen auf das Eingehendste studirt wurden, und die Beschreibungen, welche von vielen Mineralien des Bayerischen Waldes, des Fichtelgebirges und des Spessarts von jenen Autoren gegeben wurden, gehören auch heute noch zu den klassischen Arbeiten auf dem Gebiete der Mineralogie.

Wenn ich es nun trotz dieser zahlreichen Einzelbeschreibungen, trotz der so vollständigen und übersichtlichen Zusammenstellung aller Forschungsergebnisse, welche v. Gümbel in seiner umfangreichen geognostischen Beschreibung der betreffenden Gebietstheile giebt, unternehme, einige weitere Beiträge zur Mineralogie Bayerns zu liefern, so erklärt sich das einerseits daraus, dass die Unvollkommenheit der älteren Untersuchungsmethoden manche Frage unentschieden lassen musste, welche die neueren Methoden der Krystallographie und der Petrographie zu entscheiden gestatten, und dass andernteils eine Anzahl neuer Funde das Bild der Mineralagerstätten in manchen Zügen ergänzt.

Die im Folgenden niedergelegte erste Reihe von Beobachtungen bezieht sich vor allem auf Vorkommnisse aus den bekannten Graphitlagerstätten in der Umgebung von Passau, welche ich auf längeren, dem chemisch-geologischen Studium dieser Lagerstätten gewidmeten Excursionen zu sammeln Gelegenheit hatte. Anschliessend daran wurden einige Mineralvorkommnisse aus anderen Theilen Bayerns in den Bereich der Untersuchungen gezogen, deren mineralogische Stellung noch nicht hinreichend aufgeklärt erschien.

## 1. Vorkommnisse aus den Graphitlagerstätten nordöstlich von Passau.

In der eingehenden Beschreibung, welche Gumbel<sup>1)</sup> von den Passauer Graphitlagerstätten giebt, ist die Art und Weise des geologischen Auftretens dieser interessanten Bildungen übersichtlich dargestellt, und man findet daselbst auch eine vollständige Aufzählung der bis dahin bekannt gewordenen Mineralvorkommnisse dieses Gebietes, von welchen eine grössere Anzahl chemisch genauer untersucht wurde.

Die in hohem Maasse eigenartige Mineralparagenesis, welche die Graphitlagerstätten von Passau auszeichnet, setzt sich aus mehreren, genetisch etwas verschiedenen Theilen zusammen, und im Interesse der Uebersichtlichkeit der mineralogischen sowohl als der chemisch-geologischen Verhältnisse ist es gelegen, bei einer Aufzählung der Mineralien diesen Unterschieden Rechnung zu tragen. Abgesehen von den primären Gesteinsbestandtheilen, welche nur selten — wie z. B. der Titanit in den eigenthümlichen grobkörnigen Lagersyeniten — in deutlicherer Ausbildung aus dem Gesteinsganzen heraustreten, kann man die in dem Gebiete auftretenden Mineralien in drei hauptsächliche Rubriken sondern:

- a) die Mineralien der Graphitlinsen selbst,
- b) die in den begleitenden Kalkgesteinen vorkommenden Contactmineralien,
- c) die Zersetzungsproducte.

Die Abtrennung dieser drei Gruppen lässt das Gesamtbild der Lagerstätten klarer und übersichtlicher erscheinen, indem dasselbe auf diese Weise in die drei Hauptbestandtheile zerlegt wird, aus welchen es sich zusammensetzt. Die auffallende Mannigfaltigkeit der Mineralparagenesis, welche wir im Passauer Graphitdistricte antreffen, ist dann in genetischer Beziehung verständlicher, und es erscheint leichter, Analogieen zu finden zwischen einzelnen dieser Unterabtheilungen mit sonstigen Vorkommnissen, als wenn man die Gesamtheit der Erscheinungen zugleich betrachtet. Ich werde mich daher bei der folgenden Beschreibung an diese Eintheilung halten, möchte aber im Voraus bemerken, dass ich durchaus nicht beabsichtige, eine vollständige Aufzählung aller Mineralvorkommnisse des Gebietes zu geben, sondern vielmehr nur eine Vervollständigung der früher von Gumbel ausgeführten Zusammenstellung, soweit durch neue Funde und neue Untersuchungen die dort gemachten Angaben ergänzt und zum Theil berichtigt werden konnten.

---

1) C. W. Gumbel, Geognostische Beschreibung des Ostbayerischen Grenzgebirges oder des Bayerischen und Oberpfälzer Waldgebirges. Gotha 1868.

### a. Die Mineralien der Graphitlinsen.

Bekanntlich findet sich der Graphit im Passauer Walde in linsenförmigen Anreicherungen innerhalb des Gneisses, welchen Gumbel der hercynischen Gneissbildung zurechnet. Die einzelnen Putzen sind meist nur wenig mächtig, und halten weder im Streichen der Schichten noch im Fallen an. Die relative Menge des nutzbaren Graphites ist in denselben zwischen weiten Grenzen wechselnd, doch finden sich nirgends so reine »Graphitschiefer«, wie sie das benachbarte böhmische Graphitrevier von Schwarzbach auszeichnen. Eine besonders charakteristische Erscheinung ist ferner im Passauer Districte, dass das Auftreten dieser Einlagerungen, welche stets den Schichten des Gneisses parallel liegen, von weitgehenden Veränderungen des ganzen Gesteinscharakters begleitet ist.

Diese linsenförmigen Einlagerungen finden sich in sehr verschiedenen Niveaus vor, häufen sich aber besonders gerne zu Lagerzügen an, welche dann zur Entstehung zahlreicher Graphitgruben Anlass gegeben haben. Man beobachtet dabei häufig die höchst charakteristische Erscheinung, dass neben einem solchen Zuge von linsenförmigen Einlagerungen, welcher durch ausserordentlich intensive Umwandlungen des ganzen Nebengesteins bis in die unterste bis jetzt erreichte Teufe sich auszeichnet, ein anderer vorhanden ist, dessen Gesteine hart, compact und wenig verändert sind, sobald man die oberflächliche Verwitterungsschicht von geringer Mächtigkeit durchstossen hat.

Diese Graphitlinsen finden sich besonders gerne in Gesellschaft anderer Einlagerungen, welche innerhalb der Gneisse auftreten, so namentlich mit eigenartigen, grobkörnigen Syeniten, in welchen sich verhältnissmässig häufig der als Porzellanspath bezeichnete Skapolith findet, sowie mit Einlagerungen von körnigem Kalk mit charakteristischen Contactmineralien. Diese beiden Begleiter darf man wohl mit Recht als ältere Bildungen gegenüber dem Graphit ansehen, da sie alle Umwandlungsvorgänge, welche das gesammte Nebengestein veränderten, mitgemacht haben; dieselben finden sich aber auch als selbständige Einlagerungen in dem Gebiete vor und sind durchaus nicht an die Graphitvorkommnisse gebunden, wie auch diese wieder manchmal für sich allein auftreten.

Neben diesen sicher älteren Bildungen finden sich ferner in grösserer Anzahl gang- und lagerförmige Massengesteine, welche theils wegen der Form ihres Auftretens auf Verwerfungsklüften innerhalb der Graphitlinsen, theils wegen der charakteristischen Veränderung, welche der Bestand der Linsen durch dieselben erleidet, als jünger angesehen werden müssen. Es sind dies zum Theil granitische und aplitische Gänge, am häufigsten aber Plagioklasgesteine — Gabbros und Porphyrite —, welche letztere theils lagerförmig die Graphitlinsenzüge begleiten, theils auf Verwerfungsspalten



durch dieselben oft in ziemlicher Mächtigkeit hindurchsetzen. Besonders charakteristisch ist, dass der Graphit dort, wo er von einem Lager von Gabbro oder von dem eigenartigen Porphyrit, welchen Gumbel als »Nadel-diorit« bezeichnete, begleitet wird, eine oft sehr bedeutende Anreicherung an Schwefelkies erfährt, wodurch einestheils das an sich lockere Gestein eine ziemliche Festigkeit erhält, was der Gewinnung hinderlich ist, in dessen Gefolge andernteils unter der Einwirkung der Atmosphärien äusserst leicht ein Vitriolesiren der ganzen Bildung eintritt, wodurch die vorhandenen Graphitblättchen zersprengt werden, und der Werth des Graphites für den einzig in Betracht kommenden Zweck der Schmelztiegel-fabrikation sehr herabgedrückt wird. Es fungiren diese Massengesteine also hier gleichzeitig als Erzbringer und als Erzverderber.

Das wichtigste Mineral dieser Graphitlinsen ist natürlich der Graphit selbst, welcher in grösseren oder kleineren Schuppen den Hauptbestandtheil des technisch wichtigen Materiales bildet. Man macht im Allgemeinen die Beobachtung, dass der Graphit in um so grösseren Schuppen und um so besserer Ausbildung auftritt, je mehr das betreffende Lager gegen Norden, Osten und Südosten zu an den massigen Granit herantritt, welcher den Passauer Graphitbezirk umgrenzt, und dass die Einlagerungen gegen Westen zu spärlicher und von sehr viel dichter Beschaffenheit sind, auch wenn in nicht allzu weiter Entfernung die Grenze des Gneisses gegen den Granit vorhanden ist.

So findet man die grobschuppigsten Graphite im sogenannten Pfaffenreuther Lager im Norden, im Diendorfer im Süden, sowie bei Pelzöd und Oberötzdorf im Ranathal, während die Vorkommnisse von Neppling und Schaibing im Centrum des Gebietes schon viel kleinerschuppiges Material liefern, und die westlichsten Gruben, die von Haar, sowie von Schörgendorf im Erlauthal ein für die Tiegelfabrikation zu dichtes Product ergeben, so dass sie heute in der Hauptsache verlassen sind.

Für die Entstehung der Graphitlagerstätten von besonderem Interesse ist eine Anzahl von Vorkommnissen, welche ich vor kurzer Zeit in dem Pfaffenreuther und dem Leitersberger Grubenfelde, welche beide auf dem Pfaffenreuther Lager ganz nahe an der Grenze gegen den Granit gelegen sind, aufgefunden habe. An allerdings recht vereinzelter Stücken beobachtet man hier, dass der Graphit gangförmig das vollkommen zersetzte »Laterit«-artige Nebengestein des Lagers durchsetzt, ganz in derselben Weise, wie dies Walther<sup>1)</sup> von den Graphitlagerstätten auf Ceylon beschreibt, wobei gleichzeitig, ebenso wie an zuletzt genannter Localität, das Mineral grossblättrig wird, und sich die einzelnen Blätter senkrecht

---

1) J. Walther, Ueber Graphitgänge im zersetzten Gneiss von Ceylon. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1889, 41, 359.

zum Salbande der Kluft orientiren. Schon durch diese letztere Eigenschaft wird eine Verwechselung des gangförmig vorkommenden Graphites mit demjenigen der Linsen, in welchen derselbe stets parallel zur Schichtung gelagert ist, unmöglich, wenn auch nicht die Form des gangförmigen Auftretens an einzelnen Stücken schon auf den ersten Blick durchaus klar wäre. Allerdings sind die Graphitadern im Passauer Gebiete meist nur sehr wenig mächtig, im höchsten Falle  $1\frac{1}{2}$ —2 cm breit, meist noch viel schmäler, aber sie verästeln sich auf die mannigfachste Weise und manche der Stücke haben das Aussehen einer durch Graphit verkitteten Breccie.

Sämmtliche Vorkommnisse von Graphit aus dem Passauer Gebiete, die grossblättrigen, gangförmigen, die schuppigen wie die dichten, und ebenso die Krystalle des Minerals, welche im Kalk eingewachsen vorkommen, gehören dem eigentlichen Graphit Luzi's<sup>1)</sup> an, d. h. sie blähen sich, wenn sie mit Salpetersäure befeuchtet und erwärmt werden, stark auf und liefern beim Behandeln mit rauchender Salpetersäure und chlorsaurem Kali die gelben Blättchen der eigentlichen Graphitsäure. Luzi selbst allerdings führt einen »flaserig-grossblättrigen Graphit von Passau« unter seinen Graphititen auf, d. h. unter denjenigen, welche sich nicht aufblähen, aber leider war es mir in Folge des frühzeitigen Todes dieses Forschers nicht möglich, das Originalstück zu dieser Beobachtung zu sehen; nach meinen Erfahrungen an den Passauer Graphiten — sowohl der alten Bestände der königl. bayer. Staatssammlung, als auch des gesammten von mir selbst gesammelten Materials — dürfte es sich bei dem betreffenden Stücke um eine unrichtige Fundortsangabe handeln.

Der Graphit der linsenförmigen Einlagerungen wie derjenige der Gänge zeigt nur selten eine Andeutung von Krystallform, meist in einer ziemlich unscharfen, sechsseitigen Umgrenzung, dagegen beobachtet man allenthalben die von Sjögren<sup>2)</sup> eingehend beschriebenen, wulstförmig hervortretenden Zwillingslamellen, welche man auch jeder Zeit künstlich durch Druck hervorbringen kann. Die Vertheilung derselben lässt auch hier die Zugehörigkeit des Minerals zum hexagonalen Systeme durchaus wahrscheinlich erscheinen. Auch die von demselben Forscher beobachteten Gleitflächen nach dem Prisma II. Ordnung sind stets durch rasches Zusammendrücken der Blättchen leicht herzustellen und zwar in allen drei Richtungen mit vollkommen gleicher Leichtigkeit.

Das spec. Gewicht der reinsten Blättchen, welche aber fast stets noch Einschlüsse in geringem Maasse beherbergen, wurde zu 2,247 bestimmt.

---

1) W. Luzi, Beiträge zur Kenntniss des Graphitkohlenstoffs. Ref. diese Zeitschr. **24**, 639.

2) H. Sjögren, Ueber die Krystallform und die physikalischen Eigenschaften des Graphit. Ref. diese Zeitschr. **10**, 506.

Die Fähigkeit, sich aufzublähen, scheint bei den verschiedenen Varietäten etwas verschieden zu sein, am höchsten bei den grossblättrigen gangförmigen Vorkommnissen, welche sich bei öfters wiederholtem Erhitzen mit Salpetersäure immer wieder aufs Neue aufblähen und erst nach fünf- bis sechsmaligem Glühen die äusserste Grenze erreichen. Dann bildet dieser Graphit einen matten, grauen Schwamm von äusserster Porosität, welcher wie ein Platinschwamm zu einer metallartig glänzenden compacten Masse zusammengepresst werden kann, die bei weiterem Befeuchten mit  $HNO_3$  sich schon bei gewöhnlicher Temperatur wieder aufbläht, beim Glühen aber nicht weiter verändert wird. Die weniger grossblättrigen Varietäten blähen sich weniger stark auf, und die verhältnissmässig dichten von Haar und Schörgendorf besitzen diese Eigenschaft in noch geringerem Maasse.

Es ist vielleicht von Interesse, darauf hinzuweisen, dass die sämtlichen von Luzi aufgezählten Graphitite, also diejenigen Vorkommnisse, welche sich überhaupt nicht aufblähen, sogenannte Bleistiftgraphite sind, d. h. sie besitzen eine makroskopisch dichte Structur und lassen auch unter dem Mikroskope nur selten die einzelnen Blättchen, aus welchen sie aufgebaut sind, deutlich erkennen.

Die Umwandlung der verschiedenen Varietäten in Graphitsäure geht gleichfalls sehr verschieden rasch vor sich. Am schnellsten werden umgewandelt die durch öfter wiederholtes Glühen mit  $HNO_3$  vollständig aufgeblähten Varietäten, aber diese liefern verhältnissmässig schlecht ausgebildete Blättchen von Graphitsäure neben viel aggregatpolarisirender Masse derselben Substanz, während man durch sehr lange andauerndes Behandeln der gröberschuppigen, ungeglühten Varietäten zu deutlicher ausgebildeten grösseren Tafeln von Graphitsäure gelangt, welche ein sehr geeignetes Material für optische Untersuchungen darbieten.

Bei der Umwandlung des Graphites zu Graphitsäure kann man verschiedene Stadien verfolgen; zuerst entstehen tief smaragdgrün gefärbte Blättchen und Aggregate, deren Farbe allmählich in Gelblichgrün und endlich in reines Gelb übergeht, ohne dass irgend eine Formveränderung gegenüber dem ursprünglich angewandten Graphit sich verfolgen liesse; die Blättchen der Graphitsäure stellen somit wahrscheinlich vollkommen einheitliche Pseudomorphosen nach den Graphitblättchen dar. Die optischen Eigenschaften der grünen, wie der gelbgrünen und endlich der rein gelben Varietät sind, so weit sich dies im Mikroskope erkennen lässt, vollkommen gleich; dieselben sind sämtlich optisch einaxig negativ mit ziemlich starker Doppelbrechung, und häufig genug erkennt man in den Blättchen Spaltrisse, welche vollkommen mit den Gleitflächen des ursprünglichen Graphites übereinstimmen; in Einschlüssen kann der Grund der verschiedenen Färbung nicht gesucht werden, da auch bei stärkster Vergrösserung alle ganz homogen erscheinen.



Von den wichtigsten Begleitmineralien des Graphites ist vor allem der Rutil zu nennen, welcher den Passauer Graphit ebenso constant begleitet, wie dies beim Ceyloner der Fall ist. Doch ist seine Menge stets gering, die einzelnen, verhältnissmässig dicken, dunkelbraunrothen Krystalle besitzen nur mikroskopische Dimensionen; dagegen konnten die von Sandberger<sup>1)</sup> aus dem Graphit von Ceylon beschriebenen sagenitartigen Einschlüsse im Graphit von Passau nicht beobachtet werden. Das andere der besonders charakteristischen Begleitmineralien des Graphites von Ceylon, der Apatit, wurde in den verschiedenen Passauer Graphitvarietäten nur ganz sporadisch und in sehr kleinen Individuen aufgefunden.

Von sonstigen Mineralien sind zu nennen: Quarz, Feldspath — meist Oligoklas —, kleine Täfelchen von Biotit, farblose Hornblende mit einem hohen  $Al_2O_3$ -Gehalt, Nontronit und endlich ein farbloses, nahezu optisch einaxiges Mineral, welches ein sehr Nakrit-ähnliches Aussehen hat, und das nach den Ergebnissen der mikroskopischen Analyse vermuthlich identisch ist mit dem unter 3. beschriebenen neuen Mineral Batavit.

Einiges Interesse bieten noch die nicht selten innerhalb der Graphitlinsen auftretenden, graphitarmen bis graphitfreien Knauern, welche oft ziemlich bedeutende Dimensionen erreichen. Besonders schön erscheinen dieselben auf einem Theile des Pfaffenreuther Grubenfeldes Winkelacker, da sie hier sehr grobkörnig sind. Man beobachtet in einer intensiv blau gefärbten, Cordierit-ähnlich aussehenden, grosskrystallinischen Grundmasse zahlreiche grosse Individuen eines deutlich zwillingslamellirten Plagioklases, sowie grössere Glimmerblättchen.

Der Plagioklas steht dem Oligoklas nahe, wie einerseits sein spec. Gew. = 2,644 beweist, andererseits die Erscheinung, dass Spaltblättchen des Minerals nach {001}, welche im auffallenden Lichte die Zwillingslamellen sehr deutlich erkennen lassen, im polarisirten keine Spur derselben zeigen, da die Auslöschung der beiden Lamellensysteme auf's Genaueste der Zwillingsgrenze parallel ist. Die einzelnen Individuen dieses Oligoklases bieten makroskopisch ein eigenthümliches Aussehen dar, indem ein und derselbe Krystall stellenweise vollständig frisch und glasig erscheint, an anderen Stellen wieder eben so vollkommen in ein dichtes, weisses, Steinmark-ähnliches Aggregat umgewandelt ist, ohne dass eine Uebergangszone zwischen beiden deutlich hervortreten würde. Aber die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass auch an den klarsten Stellen allenthalben von den Grenzen der Zwillingslamellen aus sich Zersetzungsproducte angesiedelt haben, so zwar, dass die Gewinnung von tadellosem Material für eine chemische Analyse nicht durchzuführen war.

---

1) F. v. Sandberger, Beitrag zur Kenntniss des Graphit von Ceylon und seiner Begleiter. Ref. diese Zeitschr. 15, 628.



Der andere Hauptbestandtheil der Knauern wurde wegen seines cor-dieritähnlichen Aussehens chemisch näher untersucht; es ergab sich, dass derselbe Quarz ist, dessen spec. Gew. = 2,656 gefunden wurde. Die in frischem, erdfeuchtem Zustande so schöne Färbung dieses Blauquarzes ist in höchstem Grade unbeständig, wie man dies ganz ebenso bei einigen Cordieritvorkommnissen beobachtet; nicht nur durch gelindes Erwärmen oder durch den Einfluss des directen Lichtes verfärbt er sich sehr rasch, auch die in den Laden aufbewahrten Stücke hatten nach drei Monaten ihr schönes Aussehen verloren und zeigen nur noch ein mattes, unansehnliches Blaugrau. Derartig empfindliche Färbungen pflegt man im Allgemeinen auf organische Farbstoffe zurückzuführen, da man den anorganischen eine grössere Beständigkeit zuschreibt. Doch habe ich schon bei anderer Gelegenheit<sup>1)</sup> auf die Unwahrscheinlichkeit dieser Anschauung hingewiesen und besonders betont, dass die Art des geologischen Vorkommens derartig gefärbter Mineralien die Anwesenheit organischer Stoffe bei ihrer Bildung nicht wahrscheinlich macht. Dieses negative Argument trifft nun allerdings hier nicht zu, denn wo Kohlenstoff in solchen Massen vorhanden ist, können recht wohl auch organische Verbindungen vorkommen. Aber es gelang in diesem Falle die anorganische Natur des Farbstoffes nicht nur qualitativ nachzuweisen, sondern auch den Farbstoff selbst künstlich nachzuahmen. Schmilzt man nämlich eine geringe Menge des Blauquarzes mit einem kleinen Ueberschusse von kohlensaurem Natronkali, so erhält die Schmelze dieselbe rein blaue Farbe, welche das Mineral ursprünglich aufwies. Dieselbe Blaufärbung der Schmelze kann man andertheils leicht erhalten, wenn man zu geschmolzenem kohlensauren Natronkali mit ganz geringen Spuren von Mangan reine Kieselsäure bis nahe zur Sättigung zusetzt; eine derartige Schmelze, welche vor dem Zusatze von  $\text{SiO}_2$  in vollständig oxydirtem Zustande ganz farblos war, liess sich dadurch noch lebhaft färben, was die ausserordentlich intensiv färbende Wirkung der dabei entstehenden Verbindung beweist, welche wohl ein Alkalisalz einer Kieselmangansäure ist. Diese blaue Farbe geht bei stärkerem Sättigen der Probe mit Mangan und Kieselsäure in ein tiefes Amethystviolett über. Es ist dadurch gleichzeitig eine ganz ausserordentlich empfindliche Reaction auf Mangan gegeben, welche noch viel geringere Spuren dieses Elementes nachzuweisen gestattet, als die gewöhnlich angewandte der Grünfärbung der Soda-Salpeterschmelze, doch ist es gut, stets nur eine dünne Schicht einer solchen Schmelze herzustellen oder etwas Salpeter zuzusetzen, da bei grösseren Quantitäten die Reaction leicht versagt, indem schwerer eine völlige Oxydation eintritt. Durch Wasser wird der blaue Farbstoff zerstört, die Lösung nimmt die grüne Farbe der mangansäuren Salze an.

1) E. Weinschenk, Vergleichende Studien über die dilute Färbung der Mineralien. Zeitschr. anorg. Chemie 1896, 12, 375.

Um aber ganz sicher zu sein, dass die reinsten Parteen des Blauquarzes, welche sich als vollkommen einschlussfrei erwiesen, thatsächlich Mangan enthalten, wurden 7,53 g aufs Sorgfältigste gereinigten Materials mit reinster, in einer Platinflasche verwahrter Flusssäure (Rückstand 0,007%  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ ) verflüchtigt. Der Rückstand, welcher dabei blieb, betrug nach Abzug des auf die Flusssäure entfallenden Theiles 0,056% des angewandten Quarzes; die qualitative Untersuchung ergab als Bestandtheile desselben *Fe* und *Mn*.

Der Nachweis, dass bei Gegenwart eines bedeutenden Ueberschusses von Kieselsäure an Stelle der stark grün färbenden, mangansauen Salze noch viel kräftiger blau färbende Salze entstehen, bietet gleichzeitig die Erklärung dafür, dass unter den mannigfaltigen diluten Färbungen, welche die verschiedenartigen Quarzvarietäten aufweisen, die grüne<sup>1)</sup> vollständig fehlt, während sonst in manganreichen Lagerstätten eine Grünfärbung anderer Mineralien nicht zu den Seltenheiten gehört.

Anhangsweise möchte ich hier noch bemerken, dass auch der Rosenquarz beim Verflüchtigen mit Flusssäure einen in der Hauptsache aus Mangan bestehenden Rückstand hinterlässt, der in einem neuen Vorkommen dieses Minerals, welches eine besonders intensive Färbung aufweist, aus einem Pegmatitgange bei Unterried unweit Bodenmais, zu 0,008% bestimmt wurde. Auch die Färbung des Rosenquarzes ist bekanntlich ausserordentlich empfindlich, und derselbe entfärbt sich ebenfalls, wenn auch nicht so leicht, wie der oben beschriebene Blauquarz, schon durch die Einwirkung des Lichtes.

Im Zusammenhange mit diesen Untersuchungen wurden noch eine Reihe ähnlicher Putzen aus dem Pfaffenreuther Graphitlager untersucht, welche als Cordieritgneiss bestimmt waren; auch in ihnen erwies sich das blaue Mineral als Quarz, Cordierit war in denselben überhaupt nicht aufzufinden.

Als jüngste Mineralbildungen innerhalb des Graphitlagers dürften Vorkommnisse von zapfenförmigen Aragonitkrystallen und von spitzen Calcitskalenoëdern anzusehen sein, welche hin und wieder als Auskleidung von Klüften auf dem Grubenfelde Winkelacker bei Pfaffenreuth vorkommen.

#### b. Die Mineralien der contactmetamorphischen Kalke.

Die Einlagerungen von körnigem Kalk, welche man im Passauer Graphitdistricte in grosser Zahl beobachtet, sind durch das Vorkommen zahlreicher Mineralien ausgezeichnet, deren Paragenesis das charakteristische Bild contactmetamorphischer Umwandlung darbietet. Die meist rein weissen,

4) Die Vorkommnisse von sogenanntem Prasem können hier nicht in Betracht kommen, denn dieser ist stets durch Einschlüsse von Amianth, Chlorit etc., niemals aber dilut gefärbt.

mittelkörnigen Gesteine fallen häufig schon bei oberflächlicher Betrachtung durch ihr hohes specifisches Gewicht und ihre Zähigkeit auf, auch beobachtet man, dass Spaltflächen nur stellenweise deutlicher hervortreten. Eine genaue Untersuchung zeigt, dass solche Bildungen oft nur zu einem sehr geringen Theile aus Kalkspath, zum weitaus grössten aus farblosen Silicaten bestehen, so dass die Bezeichnung des Gesteins als metamorphischer Kalk in vielen Fällen besser durch den Namen »Silicathornfels« ersetzt wird.

Von den Mineralien, welche in diesen Gesteinen vorkommen, erwähnt G ü m b e l Porzellanspath, Grammatit, Rosellan, Granat, Chondrodit, Strahlstein, Flussspath, mikroskopische Spinelle, ferner Magnetkies, Zinkblende, Kupferkies und endlich Serpentin und Gymnit.

Eine besondere Berühmtheit haben von diesen Vorkommnissen die eigenthümlichen Opicalcite erlangt, welche namentlich in dem grossen Kalkbruche am Steinhag bei Obernzell in mannigfacher Ausbildung vorkommen, und die wegen der Eigenthümlichkeit ihrer Structur mit organischen Gebilden identificirt und als Eozoon bezeichnet wurden. Diese Anschauung ist zwar mit Bestimmtheit als irrig nachgewiesen worden, aber trotzdem ist die Frage noch keineswegs gelöst, auf welche Weise dieselben entstanden sind. Besonders auffallend ist die Art, in welcher diese Putzen von Opicalcit mitten im Kalk stecken, und welche thatsächlich an die Form von Korallenstöcken erinnert; ohne jede Beziehung zur Lagerung der Schichten treten dieselben auf, und sie zeichnen sich manchmal durch ganz bizarre, mannigfaltig verästelte und zerrissene Formen aus. Ebenso eigenthümlich wie die Form dieser Gebilde ist auch ihre Structur, welche in eingehendster Weise von G ü m b e l<sup>1)</sup> beschrieben wurde; kleine rundliche Aggregate von Serpentin stehen durch rundliche Stäbchen, die gleichfalls Serpentin sind, untereinander in Verbindung, und es entsteht so ein ziemlich regelmässiges Gerüste, dessen Zwischenräume von späthigem Calcit ausgefüllt sind. Die mikroskopische Untersuchung lässt Reste des ursprünglichen Minerals nirgends erkennen, aber häufig beobachtet man im Dünnschliffe die für Pseudomorphosen nach Olivin charakteristische Maschenstructur.

Die Untersuchung einiger anderer unter denselben Verhältnissen auftretender Gesteine, welche durch die Graphitgruben aufgeschlossen wurden, liefert den Beweis, dass es thatsächlich ein Mineral der Olivingrouppe ist, aus welchem diese Gebilde entstanden sind. Vor allem sind es Vorkommnisse, welche die Graphitlager an der Hinterwiese in den sogen. Leitzersberger Gruben begleiten, sowie solche aus dem Bergwerke in Kropfmühl. Die ersteren sind ausserdem noch durch eine ganze Reihe

---

1) Sitzungsber. Akad. Wiss. München 1866, 1, 4.



wohlkrystallisirter Mineralien ausgezeichnet, welche im Folgenden beschrieben werden sollen, die letzteren sind verhältnissmässig einfacher und häufig besonders reich an dem betreffenden Olivinmineral.

Die Gesteine von der Hinterwiese haben ein ziemlich wechselndes Aussehen, indem die einzelnen accessorischen Mineralien sich besonders gerne in unregelmässig begrenzten Flecken und Nestern zusammenhäufen; bald sind es fast reine, ziemlich grobkörnige Kalke, bald umschliessen sie in grösserer Menge Krystalle von Graphit, von verschiedenfarbigen Spinellen, von Phlogopit, von lichtgrünem Pargasit, vollständig dichte Aggregate von rosenrothem Wollastonit, kleine Putzen von Magnetkies und röthlicher, manganhaltiger Zinkblende, welche durch ihre verschiedenartige Färbung das bunte Aussehen der Gesteine bedingen; ganz vereinzelt sind kleine Körner von Chondroit. In besonderer Menge aber und in ganz ungleichmässiger Vertheilung findet sich in den Gesteinen von der Hinterwiese sowohl wie von Kropfmühl ein vollkommen farbloses Mineral, welches neben dem späthigen Calcit, in welchen es eingewachsen ist, makroskopisch nur wenig hervortritt, dessen Vertheilung aber leicht erkannt werden kann, wenn man die Gesteine mit Säuren behandelt.

Es ist dies ein Forsterit, welcher das ursprüngliche Mineral des Serpentin in den Ophicalciten darstellt. Wenn man die Forsterit-reichen Varietäten derartiger Silicathornfelse in Salzsäure oder verdünnte Chlorsäure legt, so bleibt nach vollendeter Einwirkung ein feines Gerüste des mehr oder minder angegriffenen Forsterits zurück, welches ganz ähnliche Verwachsungen der einzelnen gerundeten Körner zeigt, wie sie in den Ophicalciten das Serpentingerüste darbietet. Auch hier beobachtet man grössere, meist etwas prismatisch verlängerte, aber stets ganz abgerundete Krystalle, welche durch dünnere Individuen zu einem Gerüste verbunden sind, zwischen welchem der Calcit als Ausfüllungsmasse vorhanden war.

Dieser Forsterit ist, wie schon bemerkt, vollkommen farblos, besitzt keine deutliche Spaltbarkeit und giebt sich im Dünnschliffe durch hohe Licht- und Doppelbrechung zu erkennen. Die Axenebene liegt quer zu der Längsrichtung der kurzprismatischen, meist eiförmigen Körner; der Axenwinkel ist sehr gross. Die Härte des Minerals ist mindestens 7, sein spec. Gew. wurde mittelst Methylenjodid und der Westphal'schen Wage zu 3,242 an einem ganz reinen Splitter bestimmt. Durch Glühen verändert es sich nicht, auch in sehr hoher Temperatur bekommt es nur einen leichten Stich ins Gelbliche; Splitter sind vor dem Löthrohre äusserst schwierig an den Kanten schmelzbar. Zum Behuf der chemischen Untersuchung wurde das ziemlich feine Pulver mit Methylenjodid getrennt; der die Hauptmasse des Forsterits enthaltende Antheil wurde hierauf in der Achatschale fein gerieben und, da sich noch geringe Reste von Calcit in demselben zeigten, mehrmals mit Chlorsäure übergossen, wodurch der Calcit entfernt, da Forsteritpulver



aber nur sehr wenig angegriffen wurde; doch dürfte der Ueberschuss an  $\text{SiO}_2$ , welchen die Analyse ergab, auf eine dabei vor sich gehende Zersetzung hinweisen. Das feingepulverte und gebeutelte Mineral wurde zur Analyse mit Salzsäure auf dem Wasserbade unter fortdauerndem Umrühren zer-  
setzt, wobei sich die Kieselsäure gelatinös abschied. Nach dem Eindampfen wurde das Ganze 2 Stunden lang bei  $110^\circ$  getrocknet, mit verdünnter Salzsäure aufgenommen, und das Filtrat zur vollständigen Gewinnung der Kieselsäure wieder eingedampft und abermals bei  $110^\circ$  behandelt. Die  
geglühte und gewogene  $\text{SiO}_2$  wurde dann mit verdünnter, reiner Natronlauge gelöst, und der dabei verbleibende Rückstand bestimmt, welcher aus etwas Graphit und Spinell bestand. Die Analyse ergab:

Angewandt 0,7353 g

Rückstand	1,92 %
$\text{SiO}_2$	43,37
$\text{FeO}$	4,47
$\text{MnO}$	1,41
$\text{CaO}$	0,00
$\text{MgO}$	48,40
	<hr/> 99,27

Das Mineral ist also ein echter Forsterit, welcher gegenüber den bis jetzt bekannten Vorkommnissen durch einen kleinen Gehalt an Mangan ausgezeichnet ist.

Im Allgemeinen ist dieser Forsterit vollständig frisch, ohne eine Spur von Umwandlung; es finden sich aber auch Stellen, wo die Serpentinisierung beginnt, welche dann meist von der Neubildung kleiner Chrysotiladern begleitet ist, und wobei durch die Grünfärbung des Forsterits ein dem sogenannten Eozoon ähnliches Bild entsteht. Bemerken möchte ich noch, dass auch der Serpentin im Opicalcit vom Steinhag etwas manganhaltig ist.

Der Forsterit wird, namentlich in den aus den Leitzersberger Gruben stammenden Gesteinen, wie schon oben bemerkt, begleitet von einer Anzahl von anderen Mineralien, von welchen der Spinell das häufigste ist. In den an Forsterit reichen, schweren und besonders zähen Gesteinen fehlt der Spinell nie; er ist in denselben zum Theil in mikroskopischen, farblosen bis lichtvioletten Krystallen vorhanden, zum Theil aber bildet er auch Schnüre grösserer Individuen, welche stets eine tiefviolette Farbe haben. Wo der Forsterit fehlt, ist der Spinell nicht violett, sondern lichtgrün gefärbt, und da dann das Gestein weniger fest ist, lassen sich leichter gute Krystalle der grünen als der violetten Varietät gewinnen.

Die Spinellkrystalle erreichen 1 cm im Durchmesser nicht, sind aber stets wohlausgebildet und stets einfache Krystalle, welche ausschliesslich

{111} erkennen lassen. Die glänzenden Flächen zeigen gewöhnlich die eigenthümlichen Vertiefungen, welche für in Kalk eingewachsene Mineralien charakteristisch sind. Wenn man die grösseren der violett gefärbten Krystalle zerbricht, so beobachtet man in denselben häufig einen grünen Kern, welcher scharf gegen die violette Hülle abgegrenzt ist. Die Farbe dieser Spinelle ist ausserordentlich widerstandsfähig, sie ändert sich selbst bei heftigem Glühen nicht; qualitativ lassen sich Spuren von Mangan in beiden Varietäten nachweisen, so dass die wahrscheinliche Ursache der Färbung dieser Krystalle wohl wiederum das Mangan ist; weshalb aber hier neben einander die grüne und die violette Färbung auftritt, entzieht sich eben so sehr unserer Beobachtung, wie wir keine plausible Erklärung dafür geben können, dass die Färbung dieser Spinelle so unveränderlich ist, während die unzweifelhaft auf dasselbe Element zurückzuführenden Färbungen des Blauquarzes, des Rosenquarzes und des Amethysts sich als wenig widerstandsfähig erweisen.

Nächst dem Spinell am häufigsten ist der Phlogopit, welcher gleichfalls sowohl in den Forsterit-führenden wie in den Forsterit-freien Gesteinen der Leitzersberger Gruben in grosser Menge vorkommt. Das Mineral ist in den ersteren meist etwas dunkler gefärbt, als in den letzteren und hat im Allgemeinen eine lichtblonde Farbe. Es tritt ebenso wie der Forsterit in ganz unregelmässigen Nestern auf, in welchen es bald den vorherrschenden Bestandtheil bildet und dann keine deutliche krystallographische Umgrenzung zeigt, bald in vereinzelt Krystallen vorkommt, welche dicktaflig nach der Basis sind und meist stark löcherige Randflächen haben. Die letzteren haben hin und wieder bis  $1\frac{1}{2}$  cm im Durchmesser, sind aber meist sehr viel kleiner und zeigen dann krystallographisch eine bessere Beschaffenheit, welche allerdings immer noch viel zu wünschen übrig lässt.

Der Phlogopit ist sehr frisch und daher in hohem Grade elastisch und spröde; das spec. Gew. ist = 2,822, entsprechend dem sehr geringen Eisengehalte, welchen die qualitative Untersuchung ergab. Optisch zeigt er die gewöhnlichen Eigenschaften: die Absorption der senkrecht zu  $c = a$  schwingenden Strahlen ist deutlich, wenn auch nicht sehr stark ( $\parallel c$  farblos,  $\perp c$  lichtweingelb); das Verhalten im convergenten polarisirten Lichte ist in einem und demselben Krystalle nicht gleichmässig, optisch vollkommen einaxige Partien wechseln mit solchen, in denen  $2E_{Na} =$  bis zu  $40^\circ 30'$  beträgt; in letzterem Falle liegt die Axenebene in der Symmetrieebene und die Bisectrix steht sehr genau  $\perp \{001\}$ . Die Dispersion ist  $\rho < \nu$ , die geneigte Dispersion nicht sichtbar.

Die krystallographische Untersuchung lieferte wegen schlechter Flächenbeschaffenheit wenig befriedigende Resultate. Die Krystalle zeigen die Combination  $c = \{001\}$ ,  $b = \{010\}$ ,  $M = \{221\}$ .  $(001) : (010)$  wurde an mehreren Krystallen zu  $90^\circ 20'$  bis  $90^\circ 35'$  gemessen, obgleich die Reflexe

dieser Flächen gute waren und auch der Parallelismus der Gegenflächen auf  $3'—4'$  genau war.  $(221):(001)$  ber. =  $84^{\circ}21'$  gab zwischen  $80^{\circ}4'$  und  $82^{\circ}45'$  wechselnde Werthe, wie dies ähnlich an den übrigens viel besser ausgebildeten Krystallen von Muscovit aus dem Untersulzbachthal von Tschermak constatirt wurde; aber hier waren die entsprechenden Gegenflächen um mehrere Grade aus der parallelen Lage verschoben, so dass aus diesen Messungen keine Schlüsse auf das Krystallsystem des Phlogopits gezogen werden können. Im Uebrigen sind die Krystalle stets einfach, Zwillinge konnten überhaupt nicht constatirt werden.

Seltener als die besprochenen Mineralien ist der Pargasit, welcher mir sowohl aus den Silicathornfelsen der Leitzersberger Gruben als der Kropfmühle und vom Steinhag bei Obernzell bekannt geworden ist. Er bildet nesterartige Zusammenhäufungen, welche gegen den Kalkspath zu deutliche Endflächen zeigen, und nicht selten sind auch Krystalle, welche beiderseitig ausgebildet sind. Dieses Mineral ist stets frisch, auch an dem Vorkommen vom Steinhag, wo es den Ophicalcit begleitet, und ist jedenfalls identisch mit dem von Gümbel erwähnten Strahlstein, mit welchem dasselbe äusserlich viel Aehnlichkeit besitzt. Doch ist schon die Ausbildung der Krystalle, welche meist ziemlich kurzprismatisch ist, für Strahlstein sehr auffallend, und die optische Orientirung liefert den Beweis für die Zugehörigkeit zum Pargasit, welcher noch durch die chemische Analyse bekräftigt wurde.

Wie der von Lacroix untersuchte Pargasit von Pargas ist das hier vorliegende Mineral optisch positiv, und die erste Bisectrix bildet nach hinten einen Winkel von  $43^{\circ}$  mit der Verticalaxe, die Dispersion ist  $\rho > v$ , während der Strahlstein sowohl als die gemeine Hornblende optisch negativ sind mit Dispersion  $v > \rho$ . Während aber der von Lacroix untersuchte dunkle, eisenreiche Pargasit einen wahren Axenwinkel von  $60^{\circ}$  hat, wurde der letztere an den lichten und, wie die Analyse zeigt, eisenarmen Krystallen aus dem Passauer Gebiete zu  $84^{\circ}30'$  bestimmt.

Zur chemischen Analyse wurde das Material mit Methylenjodid getrennt, die den Haupttheil des Pargasits enthaltende Portion mit kochender Salzsäure und dann mit Natronlauge behandelt, um Beimengungen von Forsterit und Calcit zu lösen und dabei sich ausscheidende  $SiO_2$  zu entfernen. Das so dargestellte Material erwies sich unter dem Mikroskope als vollständig rein und unangegriffen und wurde nun im Trockenkasten 40 Stunden lang bei  $110^{\circ}$  getrocknet. Nach dieser Vorbereitung wurde die Analyse in gewöhnlicher Weise durch Aufschliessen mit Borsäure ausgeführt, und der Wassergehalt besonders mit 0,6387 g nach der Methode von Jannasch bestimmt. Es ergab sich:

Angewandt: 0,7384 g		Molekularquotient:
$SiO_2$	46,38 0/0	0,773
$Al_2O_3$	45,33	0,300
$Fe_2O_3$	0,00	—
$FeO$	4,54	0,029
$CaO$	43,44	0,235
$MgO$	20,24	0,506
$Na_2O$	1,78	0,029
$H_2O$	4,21	0,067
<hr/>		
99,59		

Spec. Gew. = 3,048

Ein qualitativ nachweisbarer geringer *F*-Gehalt konnte nicht quantitativ bestimmt werden, da das wenige zur Verfügung stehende Material hierzu nicht ausreichte. Jedenfalls folgt aber aus dieser Analyse, dass das Mineral thatsächlich Pargasit ist, und dass es dem von Berwerth untersuchten lichtgrünen Pargasit von Pargas äusserst nahe steht. Die Analyse ergiebt ausserdem einen Ueberschuss der zweiwerthigen Metalle über die Kieselsäure, in gleicher Weise wie die Analysen von Berwerth, und beweist, ebenso wie die Verschiedenheit der optischen Orientirung, dass der Pargasit gegenüber der gemeinen Hornblende eine Sonderstellung einnimmt, welche in den bisher für die Hornblendegruppe angenommenen chemischen Formeln keine Erklärung findet.

Krystallographisch ist das Mineral sehr einfach; {110} und  $\{\bar{1}11\}$  sind an den meisten Krystallen allein ausgebildet, selten und schmal kommt noch {010} hinzu; die Spaltbarkeit ist nach {110} sehr vollkommen, und hin und wieder beobachtet man Zwillingslamellen nach {100}. Die Messungen an den kleineren Krystallen gaben befriedigende Resultate, während die grösseren meist schlechte und löcherige Endflächen haben. Als Mittel der Bestimmungen an mehreren Krystallen ergab sich:

	Gemessen:	Berechnet:
$(11\bar{1}): (110) = 69^\circ 4'$		$68^\circ 46'$
$(110): (1\bar{1}0)$	55 45	55 49
$(\bar{1}11): (\bar{1}1\bar{1})$	31 44	31 32

Ueber die Kryställchen von Graphit, welche mit obigen Mineralien zusammen vorkommen, ist nicht viel zu sagen. Dieselben sind sehr klein — selten über 1 mm im Durchmesser — und dünntafelig; als Randflächen beobachtet man unbestimmbare, stumpfe Rhomboëder, auf den Basisflächen die öfters erwähnten Zwillingswülste gleichmässig nach allen drei Richtungen ausgebildet; die Krystalle sind im Allgemeinen stark verbogen und daher zu Messungen ganz ungeeignet. Mit Salpetersäure befeuchtet und geglüht, blähen sie sich auf und liefern mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali die normale Graphitsäure.



Dichte, splittrig brechende Aggregate von rosenrother Farbe wurden im Dünnschliffe als in der Hauptsache aus Wollastonit bestehend bestimmt; derselbe ist aber stets auf's Innigste gemengt mit anderen der eben beschriebenen Mineralien, so dass eine chemische Identificirung nicht möglich war; diese Aggregate wurden nur in den Leitzersberger Gruben beobachtet. Der Chondroit fand sich in weiterer Verbreitung, aber stets nur in vereinzeltten Körnern ohne krystallographische Umgrenzung, so vor allem in den Forsterit-reichen Gesteinen aus dem Bergbau Kropfmühl. Auch der Magnetkies findet sich hier in besonderer Menge in kleinen Flittern, während die Zinkblende wiederum nur in Stücken von den Leitzersberger Gruben beobachtet wurde.

Eine ganz ausserordentlich charakteristische Paragenesis ist es, welche diese Silicathornfelse auszeichnet, und die, wie mir scheint, mit Sicherheit auf eine contactmetamorphische Entstehung dieser Gesteine hinweist. Ganz analoge Vorkommnisse sind ganz unter denselben Verhältnissen an einer grossen Anzahl von Punkten nachgewiesen, und die Mineralien, welche hier beobachtet wurden, gelten als die charakteristischen Repräsentanten contactmetamorphischer Mineralien. Ob das Vorkommen von Graphit auf eine ursprüngliche Beimengung einer kohlenstoffhaltigen, vielleicht organischen Substanz in den Gesteinen hinweist, oder ob dieses Mineral später aufgenommen ist, lässt sich nicht entscheiden; ich möchte aber doch darauf hinweisen, dass contactmetamorphisch umgewandelte Kalke nicht allzu selten Mineralien enthalten, deren chemische Bestandtheile nicht in dem ursprünglichen Gesteine vorhanden waren. Besonders charakteristisch erscheint mir in dieser Beziehung eine Notiz von Hussak<sup>1)</sup>, welcher den Baddeleyit auch in einem Kalk beobachtete, der durch den Einfluss des Baddeleyit-führenden Pyroxenites umgewandelt ist.

### c. Die Zersetzungsproducte.

Eine ganz ungewöhnlich grosse Rolle spielen die Zersetzungsproducte im Passauer Graphitdistricte, und die chemischen Umsetzungen, welche hier stattgefunden haben, sind so ausserordentlich weitgehende, dass man nur unter Annahme der allerintensivsten Reagentien eine einigermassen befriedigende Erklärung dieser Bildungen findet.

Wenn man beobachtet, dass ein weitaus vorherrschend aus grosskörnigem Orthoklas, untergeordnet aus Hornblende und Titanit bestehender Syenit unter vollständiger Vernichtung seines Mineralbestandes zu einem wasserhaltigen Eisenoxydsilicat, dem Nontronit, wird, dass normale geschichtete Gneisse unter Erhaltung ihrer Schichtstructur in lose Aggregate

1) E. Hussak, Mineralogische Notizen aus Brasilien. Tscherm. mineral.-petr. Mitth. 14, 395.

umgewandelt werden, welche in der Hauptsache aus amorphen Aggregaten von wasserhaltigen Mangansuperoxydsilicaten bestehen, so kann man eine Deutung solcher Umbildungen nicht in der Wirkung der Atmosphärien suchen, ganz abgesehen davon, dass diese Umbildungen stets an die Vorkommnisse des Graphites gebunden sind, und dass sie sich in allen bis jetzt erreichten Teufen in durchaus gleicher Weise finden, während man doch sonst wohl kaum in Teufen von 40—50 m intensive Einwirkungen der Atmosphärien antrifft.

Diese Zersetzungsprocesse, an welche sich die Bildung von Opal, Chloropal und Kaolin anschliesst, sind aber nicht nur local in der Weise mit den Graphitlagerstätten verbunden, dass sie besonders gerne, wenn auch durchaus nicht immer, das Nebengestein des Graphitlagers ergreifen, sondern auch zeitlich lässt sich dieser Zusammenhang verfolgen. Die Syenite, welche als Lager neben den Graphitlagern auftreten, aber niemals durch dieselben hindurchsetzen, ebenso wie die umgebenden Gneisse, welche gleichfalls älter sind als die Graphitlager selbst, da sie von Graphitgängen durchsetzt werden, haben diese weitgehenden Veränderungen erlitten, während dagegen die den Graphit durchsetzenden Gesteine, die granitischen Gänge, die Aplite, Gabbros und Porphyrite, trotzdem sie zum Theil aus viel leichter zersetzlichen Mineralien bestehen, keine Spur einer derartigen tiefgreifenden Umbildung erkennen lassen und sich auch die lagerartig neben den Graphitlagern herziehenden Massen derselben Gesteine ganz ebenso verhalten.

Die Zersetzungsprocesse haben sich also nach der Bildung der Syenite und vor derjenigen der übrigen genannten Massengesteine abgespielt, sie sind nicht durch Verwitterung eingeleitet worden, sondern durch irgend welche aus der Tiefe aufsteigende und in der Tiefe wirkende Exhalationen, d. h. durch die Nachwirkungen der vulkanischen Processe, welche zur Entstehung des benachbarten mächtigen Granitmassives Anlass gegeben haben.

Schwierig erscheint allerdings von chemischem Standpunkte aus diese Anschauung dann, wenn man versucht, die Entstehung der Graphitlagerstätten und diese Zersetzungsprocesse einer und derselben geologischen Action zuzuschreiben, denn in den Zersetzungsproducten finden sich, wie die folgende Beschreibung zeigen wird, Eisen und Mangan ausschliesslich in hohen Oxydationsstufen, während wir doch sonst gewöhnt sind, die weitgehende reducirende Wirkung des Kohlenstoffes gerade auf diese Elemente zu beobachten.

Und schliesslich führen diese Betrachtungen auf die letzte und schwierigste Frage, welche uns diese Lagerstätten stellen, auf die Frage nach der Entstehung des Graphites selbst. Alle Anzeichen weisen darauf hin, dass die Passauer Graphitvorkommnisse ebenso wie jene von Ceylon, welche von gleich weitgehenden Zersetzungen begleitet werden, den Gesteinen, in

welchen sie auftreten, durch spätere Processe zugeführt wurden, und dass der Kohlenstoff nicht etwa aus einem primären Bestandtheile irgend welcher Einlagerungen durch metamorphische Processe hervorging. Ferner weisen die geologischen Verhältnisse im Passauer Walde wie auf Ceylon auf mächtige vulkanische Processe hin, ausgehend von einem benachbarten granitischen Magma. In welcher Form der Kohlenstoff aber zugeführt wurde, und wie die Bildung des Graphites selbst zu verstehen ist, darüber können wir heutzutage nicht einmal Vermuthungen aussprechen; das chemische Experiment im Laboratorium giebt uns nicht den geringsten Anhalt, denn die Entstehung des Graphites, wie Moissan<sup>1)</sup> will, durch Auskrystallisation aus einem geschmolzenen Metalle zu erklären, wäre doch eine etwas zu gewagte Hypothese, deren Unrichtigkeit sich ausserdem mit Leichtigkeit durch die Art des Auftretens des Graphites beweisen liesse.

Was die mineralogischen Eigenschaften der mit dem Graphit zusammen vorkommenden, als Zersetzungsproducte charakterisirten Mineralien betrifft, so habe ich der Beschreibung Gümbel's über den Opal und den Kaolin nichts hinzuzufügen. Dagegen ergab die Analyse des Nontronits und des Chloropals neue Gesichtspunkte, und auch die Untersuchung der im Graphitdistricte als Mog bezeichneten, braunen, erdigen Gemenge, welche in der Hauptsache aus wasserhaltigen Mangansuperoxydsilicaten bestehen, lieferte einige neue Resultate, welche von mineralogischem Standpunkte aus interessant erscheinen.

Der Nontronit, welcher zum Theil in dünnen Schnüren die lagerförmigen Syenite durchzieht, zum Theil auch als Pseudomorphose nach der Hornblende in dem verhältnissmässig noch frischen Gestein oder endlich als Umwandlungsproduct des gesammten Syenits wie auch der Gneisse auftritt, hat bekanntlich eine gelblichgrüne Farbe; er ist bald von erdigem, bald von ziemlich compactem Habitus und steht durch alle möglichen Uebergänge mit dem harten, festen Chloropal in Verbindung. Das Mineral wird im Allgemeinen unter den amorphen, wasserhaltigen Silicaten aufgeführt, und man ist über seine chemische Zusammensetzung durchaus nicht im Klaren, da die verschiedenen Analysen weit abweichende Resultate aufweisen.

An dem Originalnontronit von Nontron, Dordogne, beobachtete zwar schon Lacroix<sup>2)</sup>, dass derselbe durchaus nicht amorph ist, was auch für den Nontronit der verschiedensten Fundorte im Passauer Graphitgebiete zutrifft. Lacroix schildert diesen französischen Nontronit als compact mit unebenem Bruche, Härte = 1—2, spec. Gew. = 2,08—2,35. Unter dem Mikroskope besteht er aus stark doppeltbrechenden Blättchen mit grossem

1) Vergl. Ref. diese Zeitschr. 27, 538.

2) Lacroix, Minéralogie de France 1, 488. S. auch diese Zeitschr. 27, 634.



Axenwinkel, deren erste negative Bisectrix senkrecht auf der Tafelfläche der kleinen Schuppen steht. Der Pleochroismus ist deutlich: c und b gelb bis grünlichgelb, a blassgelb bis farblos. Die Doppelbrechung verschwindet bei  $240^{\circ}$  nicht; im Kölbchen giebt das Mineral Wasser, schwärzt sich und wird magnetisch, aber schmilzt nicht. Von Salzsäure wird es unter Abscheidung gelatinöser  $\text{SiO}_2$  zersetzt.

In der Hauptsache stimmt dies mit den Eigenschaften des hier in Betracht kommenden Minerals überein, nur dass letzteres einen ziemlich kleinen Axenwinkel ( $2E = \text{ca. } 55^{\circ}$ ) besitzt, und die Auslöschung nicht genau parallel ist, sondern in Querschnitten um  $5^{\circ}$ — $6^{\circ}$  abweicht. Der Passauer Nontronit ist monoklin, die Ebene der optischen Axen liegt in {400}, das Axenbild erscheint auf Spaltblättchen stets einseitig unsymmetrisch. Die Spaltbarkeit ist nach einer als Basis anzunehmenden Fläche sehr vollkommen, vollkommen nach einem Prisma von  $63^{\circ}$ — $64^{\circ}$ . Die Färbung des Nontronits ist ein charakteristisches Gelbgrün, der Pleochroismus schwach mit mehr gelblichen Tönen || zur Hauptspaltbarkeit, mehr grünlichgelben  $\perp$  dazu. Im Lichte verfärbt er sich etwas und wird graulichgelb.

Das Mineral wird ausserordentlich leicht zersetzt, Salzsäure und Schwefelsäure und ebenso Natronlauge zerlegen es in der Kälte, die ersten unter Abscheidung von gallertartiger Kieselsäure, die letztere unter Braunfärbung durch ausgeschiedenes Eisenoxydhydrat, und auch Kaliumquecksilberjodidlösung zerstört es vollkommen. Dagegen ist es verhältnissmässig hitzebeständig; während 40 Stunden bei  $300^{\circ}$  getrocknetes Material hatte seine optischen Eigenschaften durchaus nicht verändert. Bei Glühhitze wird das Mineral braun, ohne indess deutlichen Pleochroismus zu erhalten, und die Doppelbrechung scheint etwas erhöht zu werden. Dabei wird die Substanz magnetisch, aber erst bei lichter Rothgluth schmilzt sie zu einer braunen, magnetischen Schlacke und erst dann ist der gesammte Wassergehalt ausgetrieben.

Fein zerrieben ist der Nontronit mit Wasser plastisch, steht aber im Feuer nicht. Ferner ist er ganz ausserordentlich hygroskopisch und erhält im Wasser ein flockiges Ansehen, so dass schon aus diesem Grunde von einer Bestimmung des specifischen Gewichtes abgesehen werden musste.

Die chemischen Analysen, welche bisher von diesem Mineral ausgeführt wurden, ergaben wegen des hygroskopischen Verhaltens einestheils, wegen der groben Verunreinigungen, welche sämmtliche Varietäten enthalten, andernteils durchaus ungenaue Resultate. Die hauptsächlichen Beimengungen, welche der Nontronit enthält, sind Opal und eine asbestähnliche Hornblende, von welchen der erstere meist schon bei oberflächlicher Betrachtung deutlich ist, indem die mit Opal imprägnirten Varietäten compact, ja zum Theil sehr hart sind, wie z. B. der Chloropal, welcher thatsächlich nichts anderes ist, als mit Opal imprägnirter Nontronit. Sehr



viel schwieriger ist ein Gehalt an Asbest zu erkennen, da die feinen Nadeln sich sehr leicht auch der mikroskopischen Beobachtung entziehen. Aber immerhin ist für die Analyse die letztere Verunreinigung von geringerem Belang als die erste, von welcher der Nontronit sich überhaupt nicht trennen lässt.

Wenn man die bis jetzt ausgeführten Analysen von Nontronit betrachtet, so findet man nicht nur ein bedeutendes Schwanken im Wassergehalte, welcher zwischen 9,8 und 23 % variirt, sondern auch das Verhältniss zwischen Kieselsäure und Eisenoxyd ist ein sehr verschiedenes, in den Grenzen  $= 1,5 : 1$  und  $1,85 : 1$  wechselnd. Die für das Mineral im Allgemeinen angenommene Formel  $(\text{SiO}_4)_3\text{Fe}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$  ist daher nur der Ausdruck für die am besten unter einander übereinstimmenden Analysen, deren Zuverlässigkeit aber dadurch stark beeinträchtigt wird, dass das Material nirgends auf seine Reinheit mikroskopisch geprüft worden war.

Ich unternahm daher eine erneute chemische Untersuchung des Nontronits und wählte zu derselben ein ganz lockeres, zum Theil pulveriges Aggregat, welches auf den Klüften eines Lagersyenits in dem Stollen unweit der Kropfmühle in grösseren Mengen zu bekommen war; hier erwies sich, was, wie schon bemerkt, für die Analyse besonders wichtig ist, die Substanz frei von Opal. Die Eigenschaft des Nontronits, dass seine feinen Blättchen in Wasser sehr lange suspendirt bleiben, wurde zur Reinigung des Materials verwerthet, und so durch öfteres Abschlämmen mit Wasser das Mineral thunlichst isolirt.

Zunächst wurde der Wassergehalt des Minerals einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Für einen ersten Versuch wurde das abgeschlämmte Material über Chlorcalcium getrocknet und mit demselben der Gewichtsverlust nach zehnstündiger Behandlung im Luftbade bei  $110^\circ$  bestimmt, derselbe ergab 10,62 %; hierauf wurde es ebenso lange bei  $210^\circ$  getrocknet, das Gewicht war constant geblieben. Eine mikroskopische Untersuchung zeigte, dass das Material vollständig unverändert war. Es wurde sodann der Gewichtsverlust nach einstündigem Glühen vor dem Gebläse bestimmt, welcher weitere 8,75 % betrug; das Mineral war zu einer braunen, porösen Schlacke zusammengeschmolzen. Eine zweite Probe wurde wie die erste gereinigt, dann aber drei Tage über Chlorcalcium im Vacuum getrocknet; Gewichtsverlust bei  $110^\circ$  7,93 %, beim Glühen 7,97 %. Eine ebenso hergestellte dritte Probe wurde drei Tage lang über Schwefelsäure getrocknet; Gewichtsverlust bei  $110^\circ$  8,53 %, beim Glühen 8,66 %. Von demselben Material wurde ein Theil drei Tage lang im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet, der Gewichtsverlust betrug bei  $110^\circ$  nur 5 %. Endlich wurde von dem zweiten wie von dem zuletzt erwähnten Material eine directe Wasserbestimmung nach der Methode von Jannasch ausgeführt: Resultat 16,32 % resp. 13,62 %  $\text{H}_2\text{O}$ .

Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht über diese Bestimmungen :

	Verlust bei 110°	beim Glühen: directe $H_2O$ -Best.:
I.	40,62 %	8,75 %
II.	7,93	7,97      16,32 %
III.	8,53	8,66
IV.	5,00	(8,62)      13,62

Sodann wurde die Fähigkeit des Minerals, das bei 110° verlorene Wasser wieder aufzunehmen, an der unter IV. angeführten Probe studirt. Schon beim Stehen im Exsiccator über Chlorcalcium während ca. zwölf Stunden nahm es um 2,16 % zu, nach 24stündigem Stehen an feuchter Luft um weitere 11,94 %, nach weiteren zehn Stunden abermals um 1,83 %, ohne dadurch sein trockenes Ansehen zu verändern; weiterhin blieb das Gewicht so gut wie constant. Die Substanz enthielt somit am Schlusse 24,52 %  $H_2O$ , von welchen aber nur 8,62 % als dem Mineral eigenthümlich, 15,90 % als hygroskopisch zu betrachten sind. Denn dass das bei 110° weggehende Wasser thatsächlich hygroskopisch ist, beweist nicht nur das starke Schwanken der Resultate in der ersten Reihe der obigen Tabelle, sondern auch die Erscheinung, dass das bei 110° getrocknete Material seine Eigenschaften in keiner Weise verändert hatte. Es wurde hierauf von Probe II. eine theilweise Analyse ausgeführt, zu welcher die Substanz mit Kaliumnatriumcarbonat aufgeschlossen wurde, sie ergab:

$SiO_2$	44,61 %
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	37,11
$CaO$	2,53

was mit dem für den Nontronit angenommenen Verhältnisse von  $Si_2O : Fe_2O_3 = 4,5 : 1$  sehr nahe übereinstimmt. Doch liess der hohe Gehalt an Kalk eine bedeutende Menge von Verunreinigungen vermuthen, welche in einer Beimengung von winzigen, meist zwischen die Nontronitschuppen eingebetteten, lichten Hornblendenädelchen erkannt wurden, die namentlich nach dem Glühen des Gemenges durch die Braunfärbung und die kräftige Absorption der Hornblende deutlich wird.

Es wurde daher zu einer weiteren Analyse, welche mit der unter IV. aufgeführten Probe ausgeführt wurde, das Material in verdünnter Salzsäure gelöst, welche die Hornblende unangegriffen lässt. Die abgeschiedene Kieselsäure wurde dann mit der unzersetzten Hornblende zusammen gewogen, und die Trennung beider mit verdünnter Natronlauge durchgeführt. Zur  $FeO$ - und  $Fe_2O_3$ -Bestimmung wurde eine weitere Menge derselben Substanz in einer Kohlensäure-Atmosphäre mit verdünnter Schwefelsäure in Lösung gebracht, und das  $FeO$  mit Kaliumpermanganat titirt, hierauf wurde das Ganze mit Zink reducirt, und endlich der Gesamtiseisengehalt titrimetrisch

trisch bestimmt. Im Uebrigen wurde nach den gewohnten Methoden verfahren. Die Analyse ergab:

Rückstand (Hornblende)	49,60 %
$SiO_2$	29,40
$Fe_2O_3$	36,47
$Al_2O_3$	0,95
$FeO$	0,32
$CaO$	0,00
$MgO$	Spur
Verlust bei 110°	5,00
$H_2O$	8,62
	<hr/> 400,53 %

Hievon kommen für die Constitution des Minerals in Betracht:

$SiO_2$	29,40 %
$Fe_2O_3$	36,47
$Al_2O_3$	0,95
$H_2O$	8,62
	<hr/> 75,44 %

Auf 100 berechnet führt dies sehr annähernd auf die Formel  $Si_2O_9Fe_2H_4$ , wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

	Analyse:	Theorie:
$SiO_2$	38,97	38,00
$Fe_2O_3$	48,34	50,63
$Al_2O_3$	1,26	—
$H_2O$	11,43	11,37
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Dass der Werth der  $SiO_2$  etwas zu hoch ausgefallen ist, kann bei den vielfachen Operationen, welche bei ihrer Bestimmung ausgeführt werden mussten, sowie bei den Verunreinigungen des Materials nicht als Beweis gegen die Richtigkeit obiger Formel angeführt werden, welche die dem Kaolin analoge Eisenoxydverbindung darstellt. Aber nicht nur in chemischer Beziehung dürfte diese Analogie vorhanden sein, sondern auch in krystallographischer, indem beide — Nontronit und Kaolin — monoklin sind, eine vollkommene Spaltbarkeit nach {001} besitzen, auf welcher Fläche die erste negative Bisectrix wenig schief steht, und eine fernere Spaltbarkeit nach einem Prisma von nahezu 60° bei beiden vorhanden ist. Dass das Eisensilicat eine sehr viel höhere Doppelbrechung besitzt als das Thonersilicat, ist eine häufig sich wiederholende Erscheinung.

Schliesslich möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass feinschuppige Aggregate von Nontronit im Dünnschliffe nur schwer von Epidot

unterschieden werden können, dem sie in Farbe, Pleochroismus und Doppelbrechung sehr nahe stehen. Auch die viel geringere Lichtbrechung des Nontronits kann, namentlich bei sehr feinen Aggregaten, häufig nicht zu sicherer Unterscheidung dienen, welche dann chemisch durch die leichte Zersetzbarkeit des Nontronits durchgeführt werden muss.

Gleichfalls sehr interessant sind die erdigen, braunen, als Mog bezeichneten Gemenge, welche mit dem Nontronit und Kaolin zusammen auftreten und öfters mit denselben wechsellagern. Sie lassen nicht selten die Schichtstructur des ursprünglichen Gesteines, welches wohl Gneiss gewesen ist, erkennen und bestehen aus einem weitaus vorherrschenden, vollkommen amorphen, dunkelbraunen Gemenge von Mangansuperoxydhydrat, Eisenoxydhydrat und Kieselsäure, in welchem eine grössere Anzahl von Mineralien, meist allerdings in mikroskopischen Individuen, eingewachsen ist. Wenn man durch Abschlämmen die äusserst leichte, braune Masse entfernt hat, so bleibt gewöhnlich ein sehr bedeutender Rückstand zurück, in der Hauptsache bestehend aus einem nakritähnlich aussehenden, schuppigen Mineral und einer vollständig farblosen Hornblende. Neben diesen finden sich in sehr wechselnder Menge ein violett gefärbter Spinell, ameisenförmige Körner von farblosem Apatit, sodann Nontronit, Graphit und ein krystallisirtes Manganoxyd, dessen Formen denjenigen des Braunits ähneln.

Welche von diesen Mineralien Reste des ursprünglichen Gesteinsbestandes darstellen, und welche als Neubildungen anzusehen sind, ist kaum zu entscheiden, doch sprechen alle Anzeichen, wie Verwachsungen etc., dafür, dass dieselben insgesamt Neubildungen und zwar ziemlich gleichzeitiger Entstehung sind.

Die farblose Hornblende tritt in kurzprismatischen Kryställchen auf, oft mit beiderseitiger, aber meist skelettartiger Endigung versehen, und enthält nach den Ergebnissen der qualitativen Analyse sehr viel Thonerde und keine Spur von Mangan. Letzteres ist besonders bemerkenswerth, da in Amphibolen fast allenthalben geringe Mengen von Mangan nachzuweisen sind, und der hier vorkommende noch dazu in einem ungewöhnlich manganreichen Aggregate auftritt; aber man muss andererseits bedenken, dass das Mangan hier nur als Superoxyd vorhanden ist, in einer Oxydationsstufe, in welcher es im Hornblendemolekül nicht gut denkbar ist. Leider konnte von dieser Hornblende nicht hinreichend reines Material zur Analyse beschafft werden, da sie in der Hauptsache mit dem nakritähnlichen, schuppigen Mineral verwachsen ist; jedenfalls aber ist es interessant, dass in einem völlig farblosen Amphibolmineral ein höherer Gehalt an  $Al_2O_3$  vorhanden ist, da man sonst geneigt ist, solche farblose Vorkommnisse einfach mit dem Tremolit zu identificiren.

Das nakritähnliche Mineral ist zweifellos der interessanteste Gemengtheil dieses Aggregates, welcher auch in verhältnissmässig grösserer Menge



und nicht selten in grösseren Individuen zu Nestern zusammengehäuft auftritt. Das Mineral ist makroskopisch von Nakrit nicht zu unterscheiden; die Blättchen haben denselben perlmutterähnlichen Glanz, dieselbe vollkommene Spaltbarkeit und sind ebenso mild wie dieser; desgleichen stimmt das spec. Gew. = 2,483 ziemlich gut mit jenem überein, sowie die Eigenschaft, dass das Mineral fein zerrieben in hohem Maasse plastisch ist. Ebenso wie der Nakrit ist es vor dem Löthrohre nur an den Kanten zu weissem Email schmelzbar und löst sich selbst in sehr fein vertheiltem Zustande in kochender Salzsäure oder Schwefelsäure nur schwierig; dagegen wird es wie jener von Natronlauge und Natriumcarbonatlösung schon in der Kälte zersetzt, wobei aber ein charakteristischer Unterschied gegenüber dem Nakrit hervortritt. Während sich letzterer in Natronlauge ohne Rückstand auflöst, scheidet sich bei dem hier vorliegenden Mineral ein voluminöser Niederschlag ab, welcher aus Magnesia besteht.

Unter dem Mikroskope findet man an einzelnen der Blättchen deutliche hexagonale Umgrenzung, an den meisten aber, auch wenn die Umgrenzung fehlt, ist durch eine Art Zonarstructur die hexagonale Form angedeutet, indem ein sechsseitig umgrenzter Kern, welcher durch winzige, bräunliche Einschlüsse eine etwas schmutzige Farbe hat, von einer klaren, einschlussfreien Randzone umhüllt wird. Zwischen gekreuzten Nicols erscheint der Kern im Allgemeinen dunkel, während die Randzone häufiger eine nicht sehr regelmässige Feldertheilung in optisch verschieden orientirte Partien aufweist. Man beobachtet im convergenten Lichte, dass der erstere optisch einaxig ist, während in letzteren ein kleiner Axenwinkel auftritt; dabei sind beide optisch negativ und besitzen schwache Licht- und Doppelbrechung.

Mehrfache Versuche, von diesem Mineral reines Material für eine chemische Analyse zu gewinnen, misslangen, da es nicht möglich war, dasselbe von dem beigemengten Nontronit oder nach Zersetzung desselben durch Säuren von der dabei ausgeschiedenen Kieselsäure zu befreien. Bei dem niederen specifischen Gewichte des Minerals fiel stets ein Theil dieser amorphen Masse zusammen mit jenem nieder. Endlich wurde in einem Handstücke aus dem schon erwähnten Stollen bei der Kropfmühle, aus welchem auch das Material zur Untersuchung des Nontronits herstammte, das Mineral in etwas grösseren Individuen neben sehr wenig und sehr feinvertheiltem Nontronit aufgefunden, von welchem es durch Abschlämmen und Sieben fast ganz gereinigt werden konnte. Der Rest des specifisch leichtesten Theiles des Gesammtrückstandes, welcher neben einigen Graphitblättchen weitaus in der Hauptsache aus grösseren Schuppen des in Frage stehenden Minerals bestand, wurde hierauf mit kalter Salzsäure behandelt, wobei der Rest des Nontronits zersetzt wurde, sich aber auch wieder etwas Kieselsäure ausschied, welche durch Waschen und Abschlämmen

so gut als möglich entfernt wurde. So gelang es, aus dem ganzen Handstücke etwa 2 g von dem schuppigen Mineral in einem sehr annähernd reinen Zustande zu erhalten. Dieses Material wurde zur Analyse bei  $110^{\circ}$  während 10 Stunden getrocknet, wobei, wie Vorversuche ergeben hatten, eine optische Veränderung nicht eintrat, aber die Blättchen eine bräunliche, etwas metallisirende Farbe erhielten.

Zur Wasserbestimmung wurde ein Theil dieses Materials  $\frac{1}{2}$  Stunde lang lebhaft geglüht, wobei dasselbe wieder blendend weiss wurde, und ein Gewichtsverlust von 12,83 % eintrat. Die mikroskopische Untersuchung der geglühten Substanz ergab, dass die Blättchen zwar etwas trübe geworden, aber optisch vollkommen einheitlich geblieben waren; jetzt erschienen dieselben aber durchgehends zweiaxig, negativ, mit ziemlich grossem Axenwinkel.

Der Rest der ungeglühten Substanz wurde fein pulverisirt, was bei dem äusserst geringen Grade von Sprödigkeit nur schwierig durchzuführen war, und hierauf mit 0,5603 g das Wasser direct nach der Methode von Jannasch bestimmt. Der Rest wurde zu zwei Gesamtanalysen verwendet, deren Resultate unter I. und II. angeführt sind, III. giebt das Mittel der beiden Bestimmungen; bemerken möchte ich noch, dass Eisen und Mangan und ebenso Kalk in der zur Analyse verwendeten Substanz vollkommen fehlten.

	I.	II.	III.	Molek.-Quot.:
$SiO_2$	42,35	42,32	42,33	706
$Al_2O_3$	16,46	16,24	16,35	321
$MgO$	28,10	28,24	28,17	704
$H_2O$	12,83 <sup>1)</sup>	13,51 <sup>2)</sup>	13,19	731
	99,74	100,34	100,04	

Das Verhältniss der Molekularquotienten  $SiO_2 : Al_2O_3 : MgO : H_2O = 4 : 0,455 : 4 : 4,04$  führt nicht direct auf eine einfache Formel, indessen ist hinwiederum zur Aufstellung einer so complicirten Formel, wie sie aus der Analyse sich ergeben würde, die Beschaffenheit des angewandten Materials schon in Folge der in geringer Menge vorhandenen Einschlüsse nicht einwandfrei genug. Der Fehler ist jedenfalls, zumal in Anbetracht der Fehler des Materials, nicht allzugross, wenn man das Verhältniss  $4 : 0,5 : 4 : 4$  als vorliegend annimmt, welchem die Formel  $Si_4O_{13}2(Al(OH)_2)4MgOH$  entspricht, und welchem folgende Zusammensetzung zukommen würde:

	Berechnet:
$SiO_2$	41,81 %
$Al_2O_3$	17,77
$MgO$	27,88
$H_2O$	12,54
	100,00 %

1) Gewichtsverlust.

2) Directe Bestimmung.

Allerdings ist es nicht ausgeschlossen, zumal das Mineral seiner Ausbildung und Zusammensetzung nach jedenfalls der Glimmergruppe nicht sehr fern steht, dass thatsächlich ein viel complicirteres Molekül vorliegt, aber die Aufstellung einer derartigen, mit den Ergebnissen der Analyse in besserem Einklang stehenden Formel hat meines Erachtens rein hypothetische Bedeutung, wie es überhaupt nur selten bei Mineralanalysen, schon wegen der meist nicht absolut einwandfreien Beschaffenheit des Analysenmaterials, gerechtfertigt erscheint, an Stelle der verhältnissmässig einfachen Proportionen sehr complicirte als wahrscheinlich anzunehmen.

Jedenfalls ist das hier vorliegende Mineral neu, und ich schlage für dasselbe den Namen *Batavit* vor, nach dem altrömischen Namen von Passau »*Castra Batava*«. Durch dasselbe wird die Reihe der sich an die Glimmergruppe anschliessenden, durch ihre vollkommene Spaltbarkeit und den hexagonalen Habitus sich auszeichnenden, basischen Silicate um ein interessantes Glied vermehrt, welches zum Kaolin einerseits, zur Chloritgruppe andererseits bemerkenswerthe Beziehungen besitzt.

## 2. Der sogenannte Anthophyllit von Bodenmais.

In einzelnen glimmerreichen Einlagerungen des Cordieritgneisses, welche die Erzlagerstätten der Umgebung von Bodenmais im bayerischen Walde begleiten, findet sich in grösseren Individuen ein Hornblendemineral, welches häufig wegen seines anthophyllitähnlichen Aussehens direct als Anthophyllit bezeichnet wird, obwohl schon Gumbel<sup>1)</sup> vermuthet, dass dasselbe der monoklinen Hornblende zuzuzählen ist.

Das Mineral ist verhältnissmässig häufig im Bergbau des Silberberges, wo es zumeist bräunlichgrüne bis graulichgrüne Farben mit einem etwas metallartigen Schiller besitzt; doch zeigen die Vorkommnisse von dieser Localität, unter dem Mikroskope untersucht, fast stets eine mehr oder minder weitgehende Zersetzung, welche durch eine Trübung und die Einlagerung von filzigen Asbestagregaten eingeleitet wird. Dagegen erscheint dasselbe Mineral am Kronberg bei Bodenmais schon makroskopisch viel frischer, hier hat es eine rein braune Farbe und hypersthenähnliches Aussehen. Unter dem Mikroskope erwies sich dieses Vorkommniss, abgesehen von massenhaften Einschlüssen von Magnetkies, Biotit etc. als durchaus klar und frisch und zeigte, ebenso wie die etwas zersetzten Proben vom Silberberg, schiefe Auslöschung auf den Spaltflächen, wodurch seine Zugehörigkeit zum monoklinen Systeme bewiesen wird. Eine nach {010} geschliffene Platte ergab den Winkel  $c : c = 44^0$ , also für eine monokline Hornblende eine ziemliche normale Auslöschungsschiefe.

1) l. c. S. 244.

Das Mineral ist hier, wie schon bemerkt, sehr frisch, daher spröde und die Spaltbarkeit nach {110} sehr vollkommen. Der Pleochroismus ist auch im Dünnschliff deutlich:  $a$  fast farblos,  $b = c$  lichtbraun, die Absorption für eine braune Hornblende sehr schwach. Das spec. Gew. wurde zu 3,052 bestimmt.

Die Mineralien, welche diese Hornblende in dem Gesteine vom Kronberg begleiten und zumeist auch als Einschlüsse in derselben auftreten, sind Augit (spec. Gew. = 3,2), lichtgrüne uralitische Hornblende (spec. Gew. = 2,95) und Biotit (spec. Gew. = 2,7), daneben wenig Quarz, Plagioklas und Apatit. Sämmtliche Gemengtheile sind stark von Magnetkies durchwachsen, daher werden alle vom Elektromagneten angezogen. Auch für die Trennung nach dem specifischen Gewicht sind die Einschlüsse ein bedeutendes Hinderniss. Es wurde daher zunächst eine partielle Trennung mittelst Methylenjodid ausgeführt, und hierauf der die Hauptmasse der braunen Hornblende enthaltende Antheil fein zerrieben und anhaltend mit rauchender Salpetersäure behandelt. Hierdurch gelang es den Magnetkies vollständig zu entfernen, und nun war die Trennung nach dem specifischen Gewicht leicht durchzuführen. Das zur Analyse verwandte Material, welches sich auch mikroskopisch als ideal rein erwies, hatte so gleichmässiges spec. Gewicht, dass es bei einer geringen Temperaturerhöhung des Methylenjodids, in welchem es suspendirt war, ganz gleichzeitig ausfiel, bei einer Erniedrigung wieder in die Höhe stieg. Diese Hornblende ändert ihre Eigenschaften beim Erwärmen nicht, auch bei sehr starkem Glühen wird sie kaum dunkler, und nimmt namentlich keine stärkere Absorption an, wie dies beim Glühen der gewöhnlichen »Gemeinen Hornblende« in so hohem Maasse charakteristisch ist; vor dem Löthrohre ist sie nur an den Kanten schmelzbar.

Von dem in oben angegebener Weise gereinigten Material wurde eine Analyse nach der Methode von Jannasch durch Aufschliessen mittelst Borsäure ausgeführt; das Wasser wurde an dem bei 110° getrockneten Material als Gewichtsverlust bei lebhafter Rothgluth bestimmt, da sowohl Fluor als Eisenoxydul sich als abwesend erwiesen. Die Analyse ergab:

Molekularverhältniss:				
$SiO_2$	48,58 %	0,810		1
$Fe_2O_3$	4,74	0,059	} 0,402	$\frac{1}{2}$
$Al_2O_3$	17,52	0,343		
$FeO$	0,00			
$MnO$	Spur			
$CaO$	11,21	0,200	} 0,808	1
$MgO$	13,24	0,331		
$H_2O$	5,00 1)	0,277		
Summe	100,29 %			

1) Mittel aus zwei Bestimmungen, welche 5,12 % resp. 4,87 % ergaben.



Die Analyse führt somit auf ein sehr einfaches Verhältniss, entsprechend der Formel:  $3\overset{II}{R}_4\overset{II}{Si}_4O_{12} + 2\overset{II}{R}_4\overset{III}{R}_4\overset{III}{Si}_2O_{12}$ , wobei nur das für ein Amphibol-mineral hohe Verhältniss von  $CaO : MgO = 3 : 5$  auffallend erscheint. Durch die Abwesenheit von  $FeO$  wird erklärt, dass diese Hornblende beim Glühen ihre Färbung nicht verändert und keine kräftigere Absorption annimmt, wie es andere,  $FeO$ -haltige Varietäten in so hohem Maasse thun.

Der sogenannte Anthophyllit von Bodenmais ist somit eine gemeine Hornblende mit einem ungewöhnlichen Reichthum an Sesquioxiden, deren eigenartig braune Färbung durch einen Gehalt an Eisenoxyd und die Abwesenheit von Eisenoxydul bedingt ist.

### 3. Spessartin von Aschaffenburg.

In einer früheren Studie über die Granatgruppe<sup>1)</sup> habe ich auf die analoge Art des Vorkommens der meisten Spessartine mit den Kalkgranaten hingewiesen, welche auch in ähnlichen optischen Anomalien beider ihren Ausdruck findet. Ich betonte bei dieser Gelegenheit, dass das Vorkommniss von Spessartin im Granite der Umgegend von Aschaffenburg insofern Interesse bietet, als es keine optischen Anomalien aufweist, wie auch die Art seines Vorkommens ganz abweichend ist von derjenigen der meisten übrigen Spessartine, welche sich als typische Repräsentanten pneumatolytischer Mineralbildung charakterisiren.

Da dieses abweichende Verhalten immerhin Aufmerksamkeit verdiente, musterte ich mit freundlicher Erlaubniss des Hrn. Prof. Groth die Bestände der kgl. bayer. Staatssammlung nach den Vorkommnissen von Spessartin durch, und ich konnte von zwei verschiedenen Arten des Vorkommens der als Spessartin bezeichneten Granaten aus der Umgegend von Aschaffenburg hinreichend Material zur Ausführung chemischer Analysen erhalten.

Das eine dieser beiden Vorkommnisse, welches vom Johannisberg bei Aschaffenburg stammt, und dessen Zusammensetzung Analyse I. giebt, zeigt meist undeutlich ausgebildete, dunkelbraunrothe Krystalle, eingebettet in einem mehr oder weniger biotitreichen, granitischen Gestein von röthlicher Farbe. Die einzelnen Granatindividuen sind gewöhnlich vollgepfropft mit allen möglichen Einschlüssen und Zersetzungsproducten und hin und wieder ganz ersetzt von Aggregaten dunklen Glimmers mit Manganoxiden; es ist dies dasselbe Vorkommniss, welches ich in oben citirter Studie erwähnte, und das sich optisch vollständig isotrop verhält.

Das zweite Vorkommniss (Analyse II.) dagegen findet sich in einem Pegmatit, in welchem ausserdem neben Orthoklas und Quarz hauptsächlich Muscovit vorhanden ist, und stammt vermuthlich aus der Gegend von

1) E. Weinschenk, Beiträge zur Systematik der Granatgruppe. Diese Zeitschr. 25, 365.

Stengerts. Die Krystalle sind hier viel besser ausgebildet, meist {211} mit {110}, und oft durch ihre Grösse hervorragend. Die grösseren derselben erscheinen oberflächlich gleichfalls braun, während die kleineren hin und wieder ein schön hyazinthrothe Farbe besitzen und ziemlich klar sind; dieselben zeigen keine Spur einer Umwandlung. In optischer Beziehung verhält sich dieser Granat ebenso wie der vorige, indem er keine optische Anomalie erkennen lässt.

Beide Granaten werden vom Elektromagneten lebhaft angezogen, und diese Eigenschaft wurde zu ihrer Trennung verwerthet, indem die in reinem Methylenjodid untersinkenden Theile des ziemlich feinvertheilten Mineralpulvers mit dem Elektromagneten ausgezogen wurden, wodurch es gelang, beide Granaten in reinem Zustande zu isoliren.

Durch freundliche Vermittlung des Hrn. Prof. Muthmann wurde die Analyse I. von Hrn. Cand. chem. Otto Wehr, Analyse II. von Hrn. Cand. chem. E. Schröder in der anorganischen Abtheilung des chemischen Laboratoriums der Universität ausgeführt; das Resultat war:

	I.	II.
$\text{SiO}_2$	38,77 %	36,88 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ <sup>1)</sup>	—	2,44
$\text{Al}_2\text{O}_3$	49,32	49,58
$\text{FeO}$ <sup>1)</sup>	36,67	43,48
$\text{MnO}$	Spur	27,44
$\text{CaO}$	4,47	4,74
Summe	98,93 %	100,93 %

Bei ersterer Analyse muss ein Theil des  $\text{FeO}$  auf  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  umgerechnet werden, wodurch sich die Differenz der Summe etwas ausgleicht; die zweite Analyse wurde wegen des hohen Mangangehaltes in Porzellengefässen ausgeführt, es dürfte hier etwas  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aus letzteren in Lösung gegangen sein.

Aus diesen Analysen folgt, dass nur die in den Pegmatiten eingewachsenen Krystalle es gewesen sein können, welche der Analyse von Kobell zu Grunde lagen, mit welcher die oben mitgetheilte Analyse II. recht gut übereinstimmt; dass also auch das Aschaffenburg Vorkommniss von der allgemeinen Regel keine Ausnahme bildet, dass der Spessartin ein charakteristisches Mineral pneumatolytischer und contactmetamorphischer Bildungen ist, in den eigentlichen Erstarrungsgesteinen dagegen nicht auftritt. Die Zusammensetzung des in dem granitischen Gesteine selbst vorkommenden Granats weist denselben in die Reihe der Almandine, die so häufig als Gemengtheile derartiger Gesteine zu beobachten sind, und in welchem nur ein verhältnissmässig hoher Gehalt an  $\text{CaO}$  auffällt.

1)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{FeO}$  wurden nicht getrennt bestimmt.

Die in oben citirter Studie offen gelassene Möglichkeit, dass bei den Spessartinen ein Zusammenhang zwischen der Art der Bildung und dem Auftreten optischer Anomalien zu verfolgen sein könnte, wird also durch dieses Vorkommniss durchaus nicht bewiesen, da der eigentliche »Spessartin von Aschaffenburg« eine den übrigen Varietäten desselben Minerals ganz analoge Art des Vorkommens aufweist. Dass derselbe aber trotzdem im Gegensatze zu anderen Vorkommnissen von Spessartin, welche chemisch ganz ähnlich sind, sich optisch isotrop verhält, das weist ganz ebenso, wie die Beobachtungen in der Reihe der Kalkgranaten<sup>1)</sup>, welche ich früher mitgetheilt habe, darauf hin, dass die optischen Anomalien nicht mit der Art der Entstehung in Verbindung stehen und ebenso auch dem hauptsächlichlichen chemischen Bestande des betreffenden Minerals fremd sind, sondern vielmehr von geringfügigen Beimengungen herrühren, welche bei der Krystallisation des betreffenden Minerals in diluter Vertheilung von demselben umschlossen wurden und nun die Spannungserscheinungen hervorbringen, welche die optischen Anomalien begründen.

Die Art der Entstehung wie der hauptsächlichliche chemische Bestand eines solchen optisch anomalen Minerals tritt nur in indirecter Weise in Beziehung zu den optischen Anomalien, da diese Factoren vor allem die grössere oder geringere Leichtigkeit bedingen, mit welcher derartige Beimengungen von einem krystallisirenden Mineral aufgenommen werden.

Diese Untersuchungen wurden im mineralogischen Institut der Universität München ausgeführt, und ich bin dem Leiter desselben, Hrn. Prof. Groth, sowohl für die freundliche Ueberlassung eines Theiles des beschriebenen Materials als für mannigfaltigen Rath bei der Ausföhrung zu hohem Danke verpflichtet. Nicht vergessen möchte ich aber auch, dass meine Untersuchungen im Graphitgebiete ohne das freundliche Entgegenkommen der Besitzer der Kropfmühle, Hrn. Gebr. Bessel, Fabrikanten in Dresden-Neustadt, sowie des Betriebsleiters jenes Bergwerks, Hrn. Inspector Busigl, nicht in dem nöthigen Umfange hätten geführt werden können. Ich spreche daher auch diesen Herren hier meinen besten Dank aus.

München, Mineral. Institut der Universität, December 1896.

---

1) E. Weinschenk, Ueber die Färbung der Mineralien. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1896, 744.

## VIII. Ueber ein Universalinstrument für Krystallographie.

Von

C. Viola in Rom.

(Hierzu Tafel III, Fig. 1 und 2.)

---

In den letzten Jahren hat sowohl die Theorie als die Praxis der Instrumentenkunde für das Krystallstudium geradezu riesige Fortschritte gemacht; einerseits ist das zu dem vollständigen Studium der optischen Erscheinungen dienende Zubehör zum Polarisationsmikroskope durch die Thätigkeit von Czapski, Klein, Becke, Fedorow, Michel-Lévy und Anderen vervollkommen worden, andererseits wurden die Messinstrumente durch die Arbeiten von Groth, Fedorow, Czapski, Goldschmidt verbessert.

Es genügt, auf das Reflexionsgoniometer System Babinet mit den Signalverbesserungen und den Correctionsmitteln von Websky hinzuweisen, sowie auf die neuen, durch das Haus R. Fuess in Berlin (die berühmte deutsche Fabrik) construirten Goniometer mit zwei aufeinander senkrechten Drehungsaxen, elektrischer Beleuchtung und verticalem Krystallträger. — Ich glaube, dass auf diesem Felde nicht mehr viel zu thun bleibt, denn die Bequemlichkeit und Genauigkeit der Beobachtungen haben in wenig Jahren einen überraschenden Aufschwung genommen. Dennoch bin ich der Ansicht, dass das Goniometer mit zwei Axen, das durch Fedorow <sup>1)</sup>, Goldschmidt <sup>2)</sup> und Czapski <sup>3)</sup> unabhängig von einander in die Krystallographie eingeführt wurde, dessen Priorität aber dem ersteren der drei Gelehrten angehört <sup>4)</sup>, noch eine Aenderung gestattet, nicht sowohl zur Bestimmung der optischen Constanten der Krystalle im Allgemeinen,

---

1) Diese Zeitschr. **21**, 574.

2) Ebenda **21**, 240 und Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. 1892, 546.

3) Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1893, 4. Ref. diese Zeitschr. **25**, 620.

4) E. v. Fedorow, Op. cit.



als vielmehr im Besonderen derjenigen der asymmetrischen ( $S_{00}$ ), pinakoidalen ( $S_{21}$ ), sphenoidischen ( $S_{02}$ ), domatischen ( $S_{00}^o$ ) und prismatischen ( $S_{02}^o$ ) Klassen.

Diese Aenderung besteht darin, dass man die Bewegungen des Goniometers direct zur Bestimmung der Lage der optischen Axen mit Hilfe des Mikroskopes benutzt. Fig. 4, Taf. III stellt ein solches Instrument dar. Es besteht natürlich aus zwei Theilen, nämlich dem Polarisationsmikroskope und dem eigentlichen Goniometer mit zwei orthogonalen Drehungsaxen.

Damit man den Krystall leicht in eine Flüssigkeit getaucht beobachten kann, ist es wünschenswerth, dass eine Drehungsaxe des Goniometers, die unbewegliche  $A_1 A_2$ , horizontal sei, und dass die andere, die senkrecht auf jener und um jene drehbare bewegliche Axe  $B_1 B_2$ , den Krystall von oben nach unten festhalten kann.

Was den ersten Theil anbetrifft, ist nicht viel beizufügen. Er besteht aus einem horizontalen Fernrohre  $F$ , das durch ein kleines elektrisches Licht beleuchtete Signale besitzt und beweglich ist, so dass man es je nach Gutdünken vor- oder rückwärts schieben kann. Vor dem Fernrohre kann man ein Objectiv einführen, und dadurch versieht es den Dienst eines Mikroskopes, das obendrein mit einem verschiebbaren Nicol  $N_2$  versehen ist, der leicht je nach Bedürfniss ein- und abgestellt werden kann.

Auf der entgegengesetzten Seite des Krystallträgers kann ein mit Spiegel  $J$  und Condensorlinsen  $L$  versehener Polarisator  $N_1$  auf solide Weise festgehalten und geschoben werden.

Das von dem Spiegel und Polarisator herkommende Licht geht durch den Krystall  $K$ , und tritt in den Analysator des Mikroskopes ein, wo es untersucht werden kann.

Was den zweiten Theil des Instrumentes betrifft, so ruht die durch zwei Zapfen bestimmte unbewegliche Horizontalaxe  $A_1 A_2$  auf zwei soliden Messingträgern  $Q_1 Q_2$ , die auf ein horizontales Gestell  $M$  festgeschraubt sind.

Diese horizontale Drehungsaxe trägt den beweglichen Theil des Goniometers, d. h. eine Drehungsaxe  $B_1 B_2$  mit dazu gehörigem getheiltem Vollkreise oder Limbus  $C_1$  und Centrir- und Justirapparat  $V$  für den Krystall. Der Limbus ist mit einer Handhabe versehen, mittelst welcher er gedreht werden kann. Bei der Drehung nimmt er auch die durch ihn gesteckte Axe mit, so dass sich die Axe mit ihm gleichzeitig dreht. Letztere ist aber auch mittelst der Handhabe oder Scheibe  $S$  für sich und unabhängig vom Limbus drehbar. Die Feinstellung wird durch die Schraube  $S_1$  bewirkt. Die Feinbewegung der mit dem Limbus  $C_2$  versehenen unbeweglichen Axe geschieht mit Hilfe der Schraube  $S_2$ . Die Gegengewichte  $G$  dienen dazu, den Schwerpunkt des beweglichen Theiles des Goniometers in die unbewegliche Drehungsaxe zu verlegen, wodurch eine sanfte Bewegung ermöglicht wird.

Für die Orientirung des Krystalles wird auf Folgendes geachtet.

Steht die bewegliche Axe vertical, so muss die Ebene der optischen Axen ungefähr horizontal sein, und der Krystall in dem durch die beiden Drehungsaxen und die Mikroskopaxe bestimmten Centrum liegen, was mit Hilfe des Centrir-Justirapparates erreicht wird, welcher, wie gewöhnlich, aus einer von zwei rechtwinklig aufeinander stehenden, von Schrauben geführten Cylinderschlitten und zwei auf einander senkrecht stehenden Horizontalen Schlitten zusammengesetzten Combination besteht. Die grobe Justirung des Krystalles wird am besten mit der Hand erreicht.

Eine kleine Drehung um die feste Axe  $A_1 A_2$  und eine gehörige Drehung um die bewegliche Axe  $B_1 B_2$  des Goniometers werden nachher genügen, um bald die eine, bald die andere optische Axe des Krystalles mit der Axe des Mikroskopes in Coincidenz zu bringen. Die Ablesungen an beiden Limben  $C_1$  und  $C_2$  bestimmen die relativen Lagen der optischen Axen vollständig, welche als Pole auf die stereographische Projection aufgetragen werden. Zur Orientirung derselben genügt offenbar die Kenntniss der Lage dreier Flächen des Krystalles.

Ist daher die Lage der optischen Axen beobachtet worden, so wird zu der Messung der Flächen übergegangen.

Steht eine Fläche senkrecht zu der Axe des Fernrohres, so stimmt ihr Pol mit der früheren Lage der einen oder der anderen optischen Axe überein. Die dazu nöthigen zwei Drehbewegungen werden auf dem bezüglichen Limbus abgelesen und auf die stereographische Projection aufgetragen. Fig. 2, Tafel III stellt eine solche Projection des von mir im vorigen Jahre studirten Albits von Lakous dar<sup>1)</sup>. Die concentrischen Kreise von  $50^\circ$  zu  $50^\circ$  stellen die auf dem beweglichen Limbus  $C_1$  abgelesenen Winkel, die Radien die auf dem unbeweglichen Limbus  $C_2$  abgelesenen Winkel dar. Als Ausgangspunkt der Coordinaten dient der auf der horizontalen Nullgerade  $HH$  liegende Pol (040) der entsprechenden Fläche des Albits.

Wie die Berechnung der wahren Indices und der einzelnen Winkel mit Zuhülfenahme von irrationalen, auf drei orthogonale Axen bezogenen Indices, und wie die graphische Berechnung vorgenommen werden muss, ist in dieser Zeitschrift genügend angedeutet worden<sup>2)</sup>.

Soll dieses Instrument als gewöhnliches Goniometer dienen, so wird die bewegliche Axe vertical nach unten gestellt, und jede Zone des Krystalles in der Weise gemessen, als ob die horizontale Axe nicht vorhanden wäre.

Für die Correctur des Instrumentes muss man genau dieselbe Rücksicht beobachten, welche Fedorow für ein Goniometer mit zwei Axen angegeben hat<sup>3)</sup>. Dieselbe besteht, wie bekannt, in folgenden vier Punkten:

1) C. Viola, Ueber den Albit von Lakous (Insel Kreta). Tschermak's miner. und petrogr. Mith. **15**, 435.

2) E. v. Fedorow, Op. cit.

3) l. c.

- 1) Das Signal und das Fadenkreuz müssen sich in der Brennebene des Objectives befinden ;
- 2) die optische Axe des Fernrohres muss senkrecht auf die horizontale, unbewegliche Axe des Goniometers sein ;
- 3) die bewegliche Axe des Goniometers muss senkrecht auf diese letztere sein ;
- 4) die Theilungsfehler der beiden Limben müssen bekannt sein , und der Excentricitätsfehler muss weggebracht werden , wenn es sich um genaue Messungen handelt.

Dadurch, dass die bewegliche Drehungsaxe des Goniometers umgeschlagen werden kann, werden die auf die Punkte 2 und 3 bezüglichen Correcturen ereinfacht.

---

## IX. Ueber einen interessanten Fall der krystallinen Entschmelzung <sup>1)</sup>.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Hierzu Tafel III, Fig. 3—7.)

---

Es ist bekannt, dass viele Schmelzen sich unter den Schmelzpunkt abkühlen lassen, ohne zu erstarren. Man nennt den Vorgang **Unterschmelzung**. Der Zustand einer Unterschmelze hat Aehnlichkeit mit dem einer übersättigten Lösung. Man kann den Versuch einer Unterschmelzung bequem machen, indem man ein Körnchen einer Substanz, die leicht schmilzt und bei der Abkühlung auf Zimmertemperatur nicht erstarrt, auf einem Objectträger erhitzt, bis er zum Tröpfchen geschmolzen ist, und abkühlen lässt. Das Tröpfchen bleibt nach der Abkühlung in solchem Falle flüssig. Um es zum Erstarren zu bringen, genügt bei manchen Substanzen ein längeres Stehenlassen, bei anderen ein Erschüttern oder die Berührung mit einer Nadel. Das wirksamste Mittel ist die Berührung mit einem Krystall der eigenen Substanz. Auch durch weitere Abkühlung, z. B. über einer Kältemischung, wird das Tröpfchen fest.

Den Uebergang aus der Unterschmelzung in den festen Zustand wollen wir **Entschmelzung** nennen. Das Wort ist analog dem Wort **Entglasung** gebildet; das ist Umstellung der Theilchen im Glas zu erkennbar krystalliner Anordnung. Beide Erscheinungen sind in vieler Beziehung ähnlich. Die Entschmelzung liefert entweder krystallinisches oder scheinbar amorphes oder porphyrartiges Gefüge. Wir können danach von krystalliner, amorpher, porphyrischer Entschmelzung sprechen.

Ein besonders merkwürdiges Verhalten bei der Entschmelzung zeigte ein Furfuraldoxim, das ich der Güte des Herrn Prof. Heinrich Gold-

---

1) Die vorliegende Beobachtung gehört zu einer grösseren Reihe von Versuchen des Verfassers über »Krystallisation aus dem Schmelzfluss«. Eine kurze Notiz darüber wurde in den Verh. d. nat.-med. Ver. Heidelberg 3. März 1896 publicirt. Ausführliche Publicationen folgen nach.



schmidt in Heidelberg verdanke. Von H. Goldschmidt und E. Zanoli wurden zwei isomere Furfuraldoxime dargestellt (Ber. d. chem. Ges. 1892, 25, 2573). Das eine schmilzt bei  $73^{\circ}$ — $74^{\circ}$ , das andere bei  $89^{\circ}$ . Beide krystallisiren in farblosen Nadeln, deren krystallographische Untersuchung sich wegen ungünstiger Ausbildung nicht ausführen liess. Sie verdunsten an der Luft, sowohl aus dem flüssigen, wie aus dem festen Zustande. Bei der ersteren Substanz wurde Folgendes beobachtet:

**Verhalten bei der Entschmelzung.** Die Substanz schmilzt leicht zu farblosen Tropfen. Bei Abkühlung auf Zimmertemperatur erstarrt sie nicht von selbst, wohl aber bei Berührung mit einer Nadel oder mit einem Krystall der eigenen Substanz.

Wir schmelzen auf einem Objectträger eine Anzahl Kryställchen ein, die neben einander getrennte Tröpfchen bilden, lassen sie abkühlen, bringen sie unter das Mikroskop mit schwacher, etwa 60 facher Vergrösserung und wählen zwei Tropfen *F* und *K* aus, die zufällig an einer Stelle nahe an einander liegen. Von diesen entschmelzen wir den einen *K* durch Berühren mit einem Krystalle seiner Substanz von dem *F* entgegengesetzten Ende aus. Es schießen von der Berührungsstelle aus Krystallnadeln fächerförmig an und wachsen rasch weiter bis zur Grenze des Tropfens.

Beobachtet man nun beide Tropfen, den flüssigen *F* und den auskrystallisirten *K* in der Gegend ihrer Annäherung unter dem Mikroskope, so zeigt sich Folgendes: Zuerst hat *K* das Aussehen Fig. 3, Taf. III. Dann fangen die Krystallnadeln von *K* gegenüber *F* an, sich zu verstärken. Es setzen sich in einem gewissen Umkreise um *F* am Rande von *K* gegen das Glas, aber auch auf der Wölbung von *K*, scharf begrenzte Kryställchen ab (Fig. 4, stärker vergrössert Fig. 7). Sie wachsen *F* entgegen und zwar um so rascher, je näher sie *F* kommen.

An der *F* nächsten Stelle wachsen einige Kryställchen der Umgebung voraus und einer gewinnt den Vorsprung vor den anderen. Er nähert sich dem flüssigen Tropfen auf dem kürzesten Wege. Sobald diesen seine Spitze berührt, tritt vom Berührungspunkte aus Krystallisation ein und verwandelt den Tropfen rasch fortschreitend in ein System langer fächerförmig geordneter Nadeln (Fig. 5, stärker vergrössert Fig. 6).

Mit diesem Momente hört das Weiterwachsen der Kryställchen von *K* auf. Vielmehr nehmen nun *F* und *K* durch Verdunsten ab. Die Kryställchen beider werden beim längeren Liegen an der Luft unscharf und schwinden.

Der Vorgang vom Entschmelzen des Tropfens *K* bis zu dem von *F* vollzieht sich rasch. Er dauert bei passender Grösse und Distanz der Tropfen etwa 10—15 Minuten, so dass man ihn bequem in seinem ganzen Verlaufe beobachten kann.

Es ist ein recht lebendiges Schauspiel, wie die Entschmelzung in *K* vor sich geht, wie dann der Tropfen *F* sich gegenüber auf *K* Kryställchen

ausbildet und eines derselben zu seiner eigenen Anbohrung und Entschmelzung heranzieht.

Der Process wird begünstigt durch Ueberdecken des Tropfens mit einem kleinen flachen Uhrgläschen, wodurch die Dämpfe besser zusammengehalten werden.

Die **Erklärung** dürfte folgende sein. Die Substanz verdunstet an der Luft, sowohl im flüssigen, als im festen Zustande. *F* und *K* sind von Dampfhüllen umgeben, deren Dichte nach aussen abnimmt. Beide tauchen gegenseitig in die Dampfhülle hinein. Der Dampf um *F* ist dichter als der um *K*. Das stimmt mit dem Satze der physikalischen Chemie, dass unterhalb des Schmelzpunktes der Dampfdruck jeder Substanz bei gleicher Temperatur für den flüssigen Zustand grösser ist, als für den festen. In der Nähe der Tropfen ist die Hülle am dichtesten. Sie verdünnt sich nach aussen durch Diffusion.

Ragen nun die Krystalle von *K* in Gebiete des Dunstkreises von *F*, in denen der Dampfdruck grösser ist, als dem festen Zustande entspricht, so befinden sie sich in einer übersättigten Atmosphäre. In Folge dessen setzen sich auf ihnen Partikel ab; krystallinisch orientirt durch die Berührung mit dem Krystall, auf dem der Absatz stattfindet. Sie bauen die neuen Kryställchen. Gerade so setzen sich die Eisblumen auf den Fensterscheiben des für die Berührungsstelle mit Wasserdampf übersättigten Zimmers ab.

Indem *K* der Atmosphäre von *F* Partikel entzieht, wird diese verdünnt. *F* steht in Folge dessen unter vermindertem Dampfdrucke und stellt das Gleichgewicht her durch Aussendung neuer Partikel, d. h. durch Verdunstung. Durch Absaugen auf der einen Seite und Aussenden auf der anderen findet ein continuirliches Ueberströmen von *F* nach *K* statt.

**Krystallogenetisch** ist der Versuch von vielseitigem Interesse und er regt zugleich eine Menge von Einzelfragen an.

Er zeigt zunächst den typischen Vorgang der Krystallbildung aus der Unterschmelze von der Berührungsstelle mit dem eigenen Krystalle aus und zwar in doppelter Ausführung. Zunächst bei Entschmelzung des Tropfens *K* durch grobe Berührung mit dem relativ dicken Krystalle. Dann bei der Selbstentschmelzung des Tropfens *F* durch die feine Spitze des mit der Ruhe des molekularen Wachsens sich bis zur feinsten und ruhigsten Berührung heranschiebenden mikroskopischen Kryställchens.

Wir sehen, wie von der Berührungsstelle die Krystallbildung allmählich fortschreitet, d. h. wie immer auf's Neue von der Grenze des fertigen Krystalles in der Schmelze die Krystallisation eingeleitet wird; wie an dieser Stelle die Partikel sich in die Krystallordnung drehen und dann ihre Nachbarn eben dazu veranlassen. Die Geschwindigkeit des Fortschreitens des Processes kann gemessen werden, sie ist eine unter den

gleichen Verhältnissen bestimmte, für die Substanz charakteristische Grösse. Sie könnte ein Mittel werden zur Bestimmung der Intensität der bei der Krystallbildung wirkenden Partikelattractionen. An solchen Mitteln fehlt es uns.

Die Krystalle bilden sich von der Berührungsstelle aus fächerförmig. Wie ist das zu erklären? Warum wächst nicht ein Krystall von der Berührungsstelle aus parallel orientirt mit dem Erreger in die Schmelze hinein und ordnet alle Theilchen nach sich?

Dies dürfte folgendermassen zu erklären sein. Mit der Berührung ist nicht nur ein ruhiges Umordnen der Theilchen verbunden, wie es beim Fortwachsen des Krystalles in einer Lösung stattfindet, sondern zugleich eine stossartige Beunruhigung der Umgebung. Die Hast, mit der die untergeschmolzenen Theile zum Erstarren drängen, wirkt bei der ungleichmässigen Erschütterung mit. Solche Erschütterung bringt, unabhängig von der Contactwirkung des Krystalles, Entschmelzung hervor. Es schliessen sich Theilchen in der Nähe des Krystalles, unter sich orientirt, aneinander. Die Richtung des Stosses, der sich von der Berührungsstelle radial ausbreitet, bestimmt die Erstreckung der sich ordnenden Theilchen; die Neigung, sich parallel zu richten, wirkt dem entgegen. Das Resultat beider Wirkungen sind die fächerförmigen Gebilde. Je nach Umständen öffnet oder schliesst sich der Fächer, die Nadeln divergiren stärker oder schwächer.

Auch die Spannung des Tropfens an der Oberfläche, wie am Rande gegen das Glas wirken orientirend, ebenso der Winkel, unter dem der anbohrende Krystall den Rand des Tropfens trifft. Fig. 5 zeigt, wie die mittleren Nadeln von *F* die Richtung des anbohrenden Kryställchens angenommen haben, wie sie nach den Seiten radial auseinandergehen und sich am Rande des Tropfens diesem anlehnen. Zwischen den Krystallnadeln zeigen sich kleine Hohlräume in regelmässigen Abständen in der Richtung des fortschreitenden Wachstums der Krystalle geordnet. Sie können auf zweifache Art erklärt werden. Entweder enthalten sie Luft, die in der Schmelze gelöst war und bei der Erstarrung frei wurde, oder sie stellen den Raum vor, der bei der Contraction im Erstarren leer wurde.

Bei ersterer Deutung erinnert der Vorgang an das Auftreten von Gas-einschlüssen in den Krystallen der eruptiven Gesteine, an das massenhafte Auftreten solcher Gase aus den erstarrenden Magmen der Vulkane.

Besonders deutlich ist die Erscheinung, wenn man den flüssigen Tropfen mit einem Deckgläschen bedeckt, so dass er sich zu einer gleichmässig dicken Schicht ausbreitet und diese vom Rande her entschmilzt. Man bekommt da ein Bild von der Grösse und Gestalt der Hohlräume. Beides ist für die Substanz charakteristisch.

Für die physikalische Chemie hat der Versuch mehrfaches Interesse. Zunächst insofern, als alle krystallogenetischen Vorgänge auch ihr ange-

hören. Dann zur bequemen und augenfälligen Demonstration ihres Satzes, dass unterhalb des Schmelzpunktes der Dampfdruck desselben Körpers bei gleicher Temperatur im flüssigen Zustande  $F$  grösser ist als im festen (krystallisirten)  $K$ . Das Wachsen von  $K$  ist abhängig von den Oberflächen, von der Differenz des Dampfdruckes u. a. Die Druckdifferenz ist eine Function der Temperatur. Macht man den Versuch mit grösseren Mengen im geschlossenen Gefässe, dessen eine Seite die Substanz fest, die andere sie auskrystallisirt enthält, so könnte man durch Wägen der zwei Gefässhälften die in einer bestimmten Zeit von  $F$  nach  $K$  übergeströmte Menge für constante, im übrigen wechselnde Temperatur messen und so ein Maass für die in der Formel auftretenden Grössen gewinnen. Freilich kann es sein, dass der Versuch der quantitativen Bestimmung vereitelt wird durch die wechselnde und unberechenbare Oberfläche der sich absetzenden und den Absatz bewirkenden Krystalle. Möglich andererseits, dass dieser Einfluss bei längerer gleichmässiger Versuchsführung constant bleibt.

Prof. Heinrich Goldschmidt, mit dem ich die Versuche besprach, übergab mir zwei Substanzen, Phenylurethan und Tollylurethan, von denen er nach ihrem Schmelzpunkte, der starken Unterschmelzung und Flüchtigkeit annahm, dass sie die gleiche Erscheinung zeigen würden. In der That ist seine Voraussagung eingetroffen.

Das Phenylurethan hat die Eigenthümlichkeit, dass es als Entschmelzer eine auch unter dem Mikroskope haarfeine Krystallnadel vortreibt. Dadurch wird die Entschmelzung von  $K$  sehr ruhig und nahezu von einem Punkte aus eingeleitet.

---



## X. Ueber krystallisirten Phenakit aus Schlesien.

Von

C. Hintze in Breslau.

---

An das mineralogische Institut der Universität Breslau gelangte kürzlich eine kleine Striegauer Stufe, und zwar durch die Rührigkeit des Herrn Photographen Vogdt in Striegau, dessen Sammeleifer das Breslauer Museum schon manche werthvolle Bereicherung verdankt. Bereits Herr Vogdt hatte auf der Stufe einen für Striegau fremdartig erscheinenden Krystall wahrgenommen, den ich unschwer als Phenakit erkannte, wegen seiner offenbaren Aehnlichkeit mit den linsenförmigen ilmenischen Krystallen in Bezug auf die Krystallform und besonders auch den aus inneren Sprüngen hervorleuchtenden charakteristischen Lichtschein. Inzwischen hat sich dann noch eine grössere Stufe mit mehreren Krystallen und eine dritte unbedeutende gefunden. Die Stufen stammen nach Angabe des Herrn Vogdt sämmtlich aus dem Rohr'schen Bruche bei Pilgramshain, eine halbe Meile von Striegau; sie sind so vollkommen ähnlich, dass sie wahrscheinlich demselben Drusenraume angehörten.

Ein Schriftgranit-artiges Gemenge von hellgelbrothem Kalifeldspath und grauem, ziemlich durchsichtigem Quarz, stellenweise auch reichlich mit weissem Albit, ist recht feinkörnig auf der einen, offenbar von einer Kluftfläche des Gesteins begrenzt gewesenen Stufenseite, die mit der dünnen Schicht einer Neubildung von Quarz überzogen ist. Von dieser Stufenseite aus gehen Kalifeldspath, Quarz und Albit etwas excentrisch strahlig in keilförmig begrenzten Individuen und Partien auseinander, und ragen auf der Stufenseite, welche an der Begrenzung des Drusenhohlraumes theilhaftig gewesen war, mit kleineren und grösseren, mehr oder weniger deutlich ausgebildeten Krystallen hervor, sind aber wieder zum grössten Theile mit einer zusammenhängenden warzigkugeligen Lage von Pennin bedeckt, bestehend aus einem für den Striegauer Pennin relativ grobkörnigen Aggregat von durchschnittlich 0,5 mm dicken Penninkrystallen, gemengt mit tobackbraun aufleuchtenden kleinen Biotiten. Die Penninschicht ist stellenweise wieder mit einer wasserhellen Albitkruste bedeckt.

Die Phenakite sitzen als entschieden jüngere Bildung auf dem in den Drusenraum hineinkrystallisirten Quarz, Kalifeldspath und Albit auf, grossentheils auch von der Penninlage bedeckt; einige Krystalle kamen erst nach deren Entfernung zum Vorschein.

Theils erscheint der Phenakit ausgebildet in isolirten Krystallen von etwa 5 mm bis über 1 cm horizontalem Durchmesser, theils in flachen Krystallkrusten, die aus kleinen parallelen Individuen bestehen. Auch von den grösseren bis jetzt gefundenen Krystallen ist keiner ganz von einheitlichen Flächen begrenzt; vielmehr zeigen alle auch mehr oder weniger einen Treppenaufbau. Die Krusten, wie die mehr isolirten Krystalle, schliessen sich in der Begrenzung gegen die Unterlage dieser vollkommen an, sei es, dass sie auf den Flächen und Kanten eines Quarzkrystalles gewissermassen reiten, ohne im Geringsten in den Quarz einzudringen, oder dass sie über die drusige Oberfläche neben einander gewachsener keilförmiger Partien von Kalifeldspath, Quarz und Albit gleichmässig hinwegreichen. Alle Krystalloberflächen der Phenakitsubstanz sind mehr leuchtend, als eigentlich glänzend, da sie wie angeätzt erscheinen. Die Krystallsubstanz ist theils wasserhell, wie auch die Analyse eine besondere Reinheit ergab, theils weisslich bis gelblichweiss.

Die Krystallgestalt der am besten einheitlich ausgebildeten Individuen ist das Hauptrhomboëder  $\{10\bar{1}1\}R$  des Phenakits, dessen Kanten ziemlich breit durch  $\{01\bar{1}2\} - \frac{1}{2}R$  abgestumpft werden; die Flächen eines Prismas fehlen gänzlich. Durch Schimmermessung wurde gefunden

$$R : -\frac{1}{2}R = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}2) = 31\frac{1}{2}^{\circ} \quad (\text{nach Kokscharow } 34^{\circ}42'),$$

$$\text{also } R : R = (10\bar{1}1) : (\bar{1}101) = 63 \text{ appr. } ( \quad - \quad - \quad 63 \text{ } 24 ).$$

Der oben erwähnte treppenförmige Bau der Krystalle wird nicht nur durch Absätze der Flächen  $R$  und  $-\frac{1}{2}R$  hervorgebracht, sondern diese selbst erscheinen gewöhnlich auch etwas gebrochen und abgesetzt nach Vicinalen, die nach ihrer Lage auf Rhomboëder von Zwischenstellung hindeuten, ohne dass an dem bisher vorliegenden Material eine genauere Bestimmung möglich gewesen wäre. Im Allgemeinen sind diese Rhomboëder dritter Art flacher als  $\{10\bar{1}1\}R$  und auch als  $\{01\bar{1}2\} - \frac{1}{2}R$ , also nach der Krystallspitze zu gelegen.

Die Härte der Krystalle ist über 7, da sie einen Bergkrystall mit Leichtigkeit ritzen. Die Dichte wurde an einem (mit zur Analyse verwendeten) kleinen Krystall von nur 0,0429 g durch Eintauchen in Wasser am Platindrahte zu 3,02 gefunden, durch Schwebenlassen in Cadmiumborowolframatlösung zu mehr als 2,88; bei dieser zweiten Bestimmung konnten aber zahlreiche Luftblasen nicht entfernt werden. Deshalb darf wohl die Dichte des Striegauer Phenakits als übereinstimmend mit derjenigen anderer Vorkommen (2,966—3,004) angenommen werden.

Eine quantitative Analyse erforderte wegen des (anfänglich) höchst spärlichen Materials grösste Sorgfalt und Erfahrung. Ich bat deshalb Herrn Dr. Frenzel in Freiberg, die mühsame Aufgabe übernehmen zu wollen, und spreche ihm auch an dieser Stelle aufrichtigen Dank für seine lebenswürdige Bereitwilligkeit aus. Ueber die Ausführung der Analyse schreibt mir Herr Frenzel unter dem 11. November 1896 Folgendes:

»Zur Untersuchung dienten zwei Brückchen, welche fein pulverisirt und im Platintiegel ausgewogen wurden. Gewicht 44 mg. Nach dem Glühen blieb das Gewicht unverändert. Es wurde Fluorwasserstoffsäure zugesetzt, wodurch sich bei dem Erwärmen das Mineral zu einer klaren Lösung auflöste. Vorsichtig zur Trockne abgedampft; der Rückstand geglüht und ausgewogen; Gewicht der hinterbliebenen Beryllerde 20 mg, also der verflüchtigten Kieselsäure 24 mg:

$$\begin{array}{rcl} \text{BeO} & = 20 \text{ mg} & = 45,46 \% \quad [45,53 \text{ theor.}] \\ \text{SiO}_2 & = 24 - & = 54,54 \% \quad [54,47 \text{ Be}_2\text{SiO}_4] \\ \hline & 44 \text{ mg} & 100,00 \% \end{array}$$

Die hinterbliebene Beryllerde wurde in Chlorwasserstoffsäure gelöst; mit Ammoniak der gallertartige Niederschlag  $\text{H}_2\text{BeO}_2$  erhalten, welcher in kohlsaurem Ammonium sich wieder löste. Diese Lösung war vollständig klar. Es hatte sich somit auch die Spur Eisenoxyd mitgelöst, welche das Mineral enthielt. Bei Zusatz weniger Tropfen Schwefelammonium färbte sich die Lösung grün von Schwefeleisenammonium, und bei längerem Stehen schieden sich kleine Flöckchen von schwarzem Schwefeleisen aus.

Wie mir Freund Frenzel übrigens weiter mittheilte, ist vor einiger Zeit an die Freiburger Mineralienniederlage ein 80 g schwerer »wunderschöner« Phenakitkrystall von Kragerö in Norwegen gelangt (als Quarz), mit den Formen  $x\{12\bar{3}2\} - \frac{1}{2}R3$ ,  $a\{11\bar{2}0\} \infty P2$ ,  $g\{10\bar{1}0\} \infty P$  und  $s\{21\bar{3}1\} R3$ , also ähnlich dem Phenakit vom Mount Antero in Colorado (nach Penfield, vergl. diese Zeitschr. 12, 635, Fig. 4 und Hintze's Handbuch der Mineralogie 2, 42, Fig. 32).

## XI. Auszüge.

---

**1. G. Cesàro** (in Lüttich): **Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Petrographie** (Sur l'emploi du calcul des probabilités en pétrographie. Mémoires de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique 1895, 53; 55 S.).

Bei einer im Verhältnisse zu den eingelagerten Krystallen sehr grossen Platte eines richtungslos körnigen Gesteines trifft der Schnitt die verschiedenen Individuen eines Minerals in allen möglichen Richtungen. Es kann deshalb ein bestimmtes Merkmal, auch wenn es nicht allen möglichen Schnitten des Krystalles zukommt, doch als charakteristisch für letzteren gelten; z. B. würden von 100 Olivinschnitten von der Dicke 0,04 mm bei einem Gesichtsfelde des Mikroskopes von  $120^{\circ}$  im gelben convergenten Lichte wahrscheinlich 70 die dunkle Linie des Phasenunterschiedes  $\lambda$  zeigen. Von 100 Quarzschnitten würden unter denselben Umständen im rothen und gelben Lichte keiner, im violetten Lichte 86 diese Linie hervortreten lassen.

Die Auslöschungsschiefe in der Zone  $(100):(010)$  ändert sich beim Amphibol von  $0^{\circ}$  bis  $45^{\circ}$ , beim Pyroxen von  $0^{\circ}$  bis  $39^{\circ}$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Pyroxenschnitt aus der Prismenzone eine Schiefe zwischen  $0^{\circ}$  und  $45^{\circ}$  gebe, ist 0,43636, man wird daher 86 % der Schnitte finden, mit einer Auslöschungsschiefe, die grösser ist als  $45^{\circ}$ .

Verf. stellt sich folgende allgemeine Aufgabe: Man schneide aus einem Krystalle eine Platte von beliebiger Dicke und Richtung. Welches ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Platte eine gegebene Eigenschaft besitzt?

Auf einer Kugel von beliebigem Radius trage man die Pole derjenigen Schnitte auf, welche die gegebene Eigenschaft besitzen; diese Pole werden auf der Kugel eine Fläche  $s$  einnehmen. Ist  $S$  die Oberfläche der ganzen Kugel, dann

ist  $P = \frac{s}{S}$  die verlangte Wahrscheinlichkeit.

Folgende optischen Eigenschaften fallen unter dieses Problem:

a) im parallelen Lichte: die Polarisationsfarbe, der Pleochroismus, die Auslöschungsschiefe;

b) im convergenten Lichte: Auftreten oder Nichtauftreten einer optischen Axe, Auftreten zweier Axen, das Erscheinen einer dunklen Linie von bestimmtem Phasenunterschied und die Zahl dieser Linien.

Specielle Aufgaben:

I) Es soll die Wahrscheinlichkeit gesucht werden, dass eine Platte im convergenten Lichte eine Axe im Gesichtsfelde des Mikroskopes austreten lasse. Ist



$\alpha$  der Winkel zwischen der Plattennormale und einer Axe,  $n$  der mittlere Brechungsexponent,  $\gamma$  der Winkel des halben Gesichtsfeldes,  $2V$  der Winkel zwischen den beiden optischen Axen, und setzt man  $\frac{\sin \gamma}{n} = \sin \varphi$ , so ist die Bedingung, dass eine Axe sichtbar werde,  $\alpha \leq \varphi$ . Nach der allgemeinen Methode berechnet sich, wenn  $\varphi < V$ ,  $P = 4 \sin^2 \frac{\varphi}{2}$ , wenn  $\varphi > V$ ,

$$P = 4 \sin^2 \frac{\varphi}{2} - \frac{2}{\pi} \left( \arccos \frac{\sin V}{\sin \varphi} - \cos \varphi \arccos \frac{\operatorname{tg} V}{\operatorname{tg} \varphi} \right);$$

die Wahrscheinlichkeit für den gleichzeitigen Austritt beider Axen ist

$$P_1 = \frac{2}{\pi} \left( \arccos \frac{\sin V}{\sin \varphi} - \cos \varphi \arccos \frac{\operatorname{tg} V}{\operatorname{tg} \varphi} \right);$$

für optisch einaxige Platten wird

$$P = 2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}.$$

Beispiele:

	$n$	$2\gamma$	$\varphi$	Zahl der Platten mit Axenaustritt unter 100 Platten:
Quarz	1,544	120°	34° 7'	17
		130	35 56	19
Vesuvian	1,722	120	30 12	14
		130	31 45	15
Rutil	2,616	120	19 20	6
		130	20 16	6

Die Zahl der Platten mit Axenaustritt nimmt mit steigendem Brechungsexponent ab.

Für den Orthoklas ist  $n = 1,523$ ,  $2V = 70^\circ$ ; für  $2\gamma = 120^\circ$  wird  $\varphi = 34^\circ 39'$ , die Wahrscheinlichkeit für den Austritt einer Axe 35%; keine Platte giebt zwei Axen. Wird dagegen  $2\gamma = 130^\circ$ , dann wird die Wahrscheinlichkeit für das Sichtbarwerden einer Axe 39%, beider Axen 2 pro Mille.

Beim Olivin ist  $n = 1,678$ ,  $2V = 87^\circ$ .

Für  $2\gamma = 120^\circ$  ist  $\varphi = 31^\circ 4' < V$ ,  $P = 29\%$ ,

-  $2\gamma = 130^\circ$  -  $\varphi = 32^\circ 41' < V$ ,  $P = 32\%$ .

Beim Aragonit ist  $n = 1,684$ ,  $2V = 18^\circ$ .

Für  $2\gamma = 120^\circ$  ist  $\varphi = 31^\circ 4' > V$ ,  $P = 19\%$ ,  $P_1 = 9\%$ , d. h. unter 100 Platten zeigen 19 mindestens eine Axe, darunter 10 nur eine, 9 beide Axen.

II) Man schneide aus einem einaxigen Krystalle eine Platte nach irgend einer Richtung. Welches ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Platte im convergenten Lichte eine Curve von gegebenem Gangunterschiede  $R$  im Gesichtsfelde zeige?

Seien  $e$  die Dicke der Platte (ausgedrückt in  $\frac{1}{100}$  mm),  $n_e$  und  $n_o$  ihre Hauptindices,  $k = \frac{e(n_e - n_o)}{R}$  und sei

$$1) \cos \varphi > k,$$

dann giebt es keine Platte, die der Anforderung genügt.

$$2) \text{ sei } \cos \varphi = k,$$

dann ist die Wahrscheinlichkeit  $P = \sin \varphi$ .

$$3) \text{ sei } \cos \varphi < k \leq 1;$$

man setze  $\sin \theta_1 = \sqrt{\frac{\cos \varphi}{k}}$ , dann wird  $P = \cos(\theta_1 - \varphi)$ .

$$4) \text{ sei } \cos \varphi < k, \quad k > 1, \text{ und}$$

$$\alpha) \quad k < \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi} \text{ und}$$

$$\alpha_1) \quad k < \frac{1}{\cos \varphi}, \text{ dann wird } P = \cos(\theta_1 - \varphi),$$

$$\alpha_2) \quad k > \frac{1}{\cos \varphi}, \text{ dann wird } P = 2 \sin \theta_1 \sin \varphi,$$

$$\beta) \text{ sei } k > \frac{\cos \varphi}{\sin^2 \varphi},$$

dann wird  $P = 1 - \cos(\varphi + \theta_1)$ .

III) Seien die drei Lichtsorten Violett mit der Wellenlänge  $\lambda = 393 \mu\mu$ , Gelb mit  $\lambda = 551 \mu\mu$  und Roth mit  $\lambda = 628 \mu\mu$  gegeben; welches ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Quarzplatte von beliebiger Richtung den Axenaustritt zeige und die dunklen Ringe des Gangunterschiedes  $\lambda, 2\lambda$  etc. für jene Farben?

Sei das Gesichtsfeld  $120^\circ$  und sei

1)  $e = 0,03$  mm, dann ist  $k_v = 0,76336$ ,  $k_g = 0,49002$ ,  $k_r = 0,42994$ ; keine Platte und keine Farbe wird den entsprechenden dunklen Ring zeigen, dagegen werden  $17\%$  die Axe austreten lassen.

2) Sei  $e = 0,04$  mm, dann ist  $k_v = 1,01784$ ,  $k_g = 0,65336$ ,  $k_r = 0,57325$ ; keine Platte wird im rothen oder gelben Lichte eine dunkle Linie zeigen, dagegen  $86\%$  werden dieselbe im violetten Lichte zeigen.

Im rothen oder gelben Lichte hat man unter 100 Platten

17, welche nur die Axe austreten lassen,

83, welche weder eine Axe noch eine dunkle Linie zeigen.

Im violetten Lichte dagegen zeigen unter 100 Platten

14 Platten nur die Axe,

3 - die Axe und eine dunkle Linie,

83 - nur eine dunkle Linie,

0 - weder die Axe noch eine dunkle Linie.

3) Sei  $e = 0,05$  mm, dann wird  $k_v = 1,27226$ ,  $k_g = 0,81670$ ,  $k_r = 0,74656$ .

Für rothes und gelbes Licht ist die Wahrscheinlichkeit wie bei der vorigen Dicke.

Im violetten Lichte zeigen unter 100 Platten

6 Platten nur die Axe,

11 - die Axe und eine dunkle Linie,

79 - nur eine dunkle Linie,

4 - weder die Axe noch eine dunkle Linie.

4) Sei  $e = 0,055$  mm, so werden sichtbar:

	die Axe allein:	die Axe und eine dunkle Linie:	eine dunkle Linie allein:	weder die Axe noch eine dunkle Linie:
für Violett bei	5 ‰	12 ‰	73 ‰	10 ‰
- Gelb -	17	0	77	6
- Roth -	17	0	0	83

5) Sei  $e = 0,07$  mm, dann ist für violettes Licht die dunkle Linie des Gangunterschiedes  $\lambda$  bei 76 ‰, die des Gangunterschiedes  $2\lambda$  bei 75 ‰ der Platten sichtbar.

Da allgemein  $k = \frac{e(n_e - n_o)}{R}$ , so hängt bei demselben Mineral die Wahr-

scheinlichkeit  $P$  nur von  $\frac{e}{R}$  ab, und die Wahrscheinlichkeit des Austrittes der Linie mit dem Gangunterschied  $\lambda$  bei der Dicke  $e$  ist dieselbe wie für den Gangunterschied  $\nu\lambda$  bei der Dicke  $\nu e$ .

IV) Die Berechnung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Linie des Gangunterschiedes  $R$  bei zweiaxigen Platten wird vom Verf. nicht allgemein durchgeführt. Dagegen die specielle Aufgabe:

V) Es soll die wahrscheinliche optische Erscheinung einer beliebig orientirten Olivinplatte von 0,04 mm bestimmt werden. Das Gesichtsfeld sei 120°, das angewendete Licht sei Gelb mit  $\lambda = 551 \mu\mu$ .

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der dunklen Linie

des Gangunterschiedes $\lambda$	ist 70 ‰
-	- $2\lambda$ - 82 ‰
-	- $3\lambda$ - 25 ‰.

Unter 100 Platten zeigen

7	nur die Linie des Gangunterschiedes $3\lambda$ ohne die Axen,
4	die drei Linien der Gangunterschiede $\lambda$ , $2\lambda$ , $3\lambda$ ohne die Axe,
6	- Linie des Gangunterschiedes $2\lambda$ ohne die Axe,
17	- Linien des Gangunterschiedes $2\lambda$ , $3\lambda$ ohne die Axe,
19	- - - - - $\lambda$ und $2\lambda$ und eine Axe,
39	- - - - - $\lambda$ und $2\lambda$ ohne eine Axe,
10	- Linie - - - $\lambda$ und eine Axe,
2	- - - - - $\lambda$ ohne eine Axe.

VI) Es soll die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Erscheinung bei den Flächen einer bestimmten Zone ermittelt werden.

Speciell werden die optischen Erscheinungen in den Flächen der drei Hauptzonen des Olivins bestimmt, wenn die Plattendicke  $e = 0,04$  mm.

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer oder mehrerer dunkler Linien eines bestimmten Gangunterschiedes  $\nu\lambda$  für die drei Zonen ergibt folgende Tabelle:

Zone:	(100):(001)	(100):(010)	(001):(010)
Gangunterschied:			
$3\lambda$	25 ‰	30 ‰	0 ‰
$3\lambda$ und $2\lambda$	24	16	0
$2\lambda$	20	27	0
$2\lambda$ , $\lambda$	28	27	0
$\lambda$	5	0,5	34
$\lambda$ und Axe	0	0	69

VII) Seien  $\theta$  und  $\theta'$  die Winkel, welche die Plattennormale mit den beiden optischen Axen macht, dann ist der Gangunterschied

$$R = e(n_c - n_a) \sin \theta \sin \theta' = c m, \text{ wenn } c = e(n_c - n_a), m = \sin \theta \sin \theta'.$$

Zu jedem Werthe von  $m$  gehört also bei constanter Dicke und demselben Mineral ein bestimmter Gangunterschied. Die Gleichung  $m = \sin \theta \sin \theta'$  stellt auf der Kugel Curven dar, von denen jede einer bestimmten Fläche entspricht. Der Flächeninhalt zwischen zwei solchen Curven, dividirt durch die Kugeloberfläche, ist die Wahrscheinlichkeit, mit welcher die Farbe der Platte (bei parallelem Lichte zwischen gekreuzten Nicols) zwischen den Farben der betreffenden Grenzcurven liegt.

Bei Mikrolithen sind im Wesentlichen nur die Schnitte genauer zu beobachten, die ungefähr parallel zur Längsrichtung gehen. So z. B. beobachtet man bei Feldspathmikrolithen fast nur Schnitte aus den Zonen  $(001):\{010\}$ . In solchen Fällen kommt Nr. 6 in Betracht.

Ref.: J. Beckenkamp.

**2. G. Cesàro (in Lüttich): Die Auslöschungsschiefe auf den verschiedenen Flächen einer und derselben Zone, speciell der Prismenzone des Axinits** (Sur une méthode simple pour chercher la variation de l'angle d'extinction dans les différentes faces d'une même zone. Application à la zone verticale de l'axinite. Mémoires de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique 1895, 54; 26 S.).

Es sei die Lage der Zonenaxe in Bezug auf die optischen Axen gegeben; es soll die Auslöschungsschiefe auf irgend einer Fläche der Zone gegen deren Axe bestimmt werden. Im Abstände 1 vom Mittelpunkte des Krystalles werde eine Ebene senkrecht zur Zonenaxe gelegt. Das Loth vom Mittelpunkte des Krystalles  $J$  auf diese Ebene sei also  $JC = 1$ . Die durch den Punkt  $J$  gehenden optischen Axen sollen jene Ebene in den Punkten  $A$  und  $B$  schneiden. Vom Fusspunkte  $C$  aus werde dann auf die Verlängerung der Linie  $AB$  ein Loth  $CO$  gefällt, und es seien  $OA = a$ ,  $OB = b$ ,  $OC = c$ .

Man erhält bekanntlich die Auslöschungsrichtung auf einer beliebigen Fläche dadurch, dass man die optischen Axen auf letztere projicirt; die beiden Halbirungslinien der Winkel zwischen den Projectionen geben die Auslöschungsrichtungen.

Bezeichnet man den Winkel zwischen einer Auslöschungsrichtung und der Zonenaxe mit  $\alpha$ , so ist

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{(a + b) \sin \beta + 2c \cos \beta}{1 - (a \sin \beta + c \cos \beta)(b \sin \beta + c \cos \beta)},$$

wenn  $\beta$  den Winkel bezeichnet zwischen der fraglichen Fläche und der Fläche  $JCO$ .

Liegt die Zonenaxe in der Ebene der optischen Axen, dann wird  $c = 0$  und

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{(a + b) \cos \alpha}{1 - ab \cos^2 \alpha}, \quad \text{wobei } \alpha = 90^\circ - \beta.$$

Liegt die Zonenaxe in einem der beiden optischen Hauptschnitte, welche die optischen Axen nicht enthalten, dann wird  $b = -a$  und

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2c \cos \beta}{1 + a^2 \sin^2 \beta - c^2 \cos^2 \beta}.$$



Wenn die Axe einer Zone in irgend einem optischen Hauptschnitte liegt, dann hat die Auslöschungsschiefe einen Maximalwerth, wenn die fragliche Fläche dieser Zone mit diesem Hauptschnitte zusammenfällt, und nimmt bis Null ab, wenn die Fläche bis zu einer Lage senkrecht zu jenem Hauptschnitte geändert wird. Nur wenn die Zonenaxe in der Ebene der optischen Axen in dem von den beiden Kreisschnitten des inversen Ellipsoides gebildeten spitzen Winkel liegt, giebt es ein Minimum der Auslöschungsschiefe, wenn die Fläche in der Axenebene liegt; von hier aus wächst die Auslöschungsschiefe bis zu einem Maximum, welches dann erreicht wird, wenn die Fläche mit der Axenebene den Winkel  $\alpha$  macht, so dass  $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{ab}}$ , von da ab fällt der Werth der Auslöschungsschiefe und wird wie vorhin Null, wenn die Fläche senkrecht zur Axenebene liegt.

### Anwendungen.

Beim Pyroxen ist die Axenebene (010).

1) Zone (100):(010). Es wird  $a = 0,6271$ ,  $b = 2,50335$ . Aus  $\operatorname{tg} 2x = \frac{(a+b)\cos \alpha}{1-ab\cos^2 \alpha}$ , wo  $\alpha$  der Winkel der fraglichen Fläche gegen (010), folgt:

$\alpha = 0^0$	$5^0$	$10^0$	$20^0$	$30^0$	$40^0$	$45^0$	$50^0$
$x = 38^0 44'$	$38^0 41'$	$38^0 34'$	$37^0 50'$	$36^0 38'$	$34^0 47'$	$33^0 33'$	$32^0 3'$
$\alpha = 60^0$	$70^0$	$80^0$	$85^0$	$90^0$			
$x = 28^0 4'$	$24^0 53'$	$42^0 33'$	$6^0 34'$	$0^0 0'$			

2) Zone (001):(010). Es wird  $a = 0,769872$ ,  $b = 8,675902$ . Aus  $\operatorname{tg} 2x = \frac{(b-a)\cos \alpha}{1+ab\cos^2 \alpha}$ , wo  $\alpha$  wieder der Winkel der Fläche gegen (010) ist, folgt:

$\alpha = 0^0$	$10^0$	$20^0$	$30^0$	$40^0$	$45^0$	$50^0$	$60^0$
$x = 22^0 55'$	$23^0 5'$	$23^0 34'$	$24^0 22'$	$25^0 27'$	$26^0 5'$	$26^0 45'$	$27^0 59'$
$\alpha = 67^0 44' 11''$	$70^0$	$75^0$	$80^0$	$82^0$	$84^0$	$86^0$	$88^0$
$x = 28^0 24' 43''$	$28^0 19'$	$27^0 22'$	$24^0 24'$	$22^0 8'$	$18^0 48'$	$14^0 3'$	$9^0 39'$
							$0^0 0'$

Auslöschung des Axinits in der Prismenzone.

Sind  $\lambda, \mu, \nu$  die Winkel, welche die Zonenaxe mit den drei optischen Elasticitätsaxen bildet, und  $u, v, w$  deren Cosinus, und ist  $2V$  der Winkel der optischen Axen, so wird:

$$a = \frac{1}{\sin \mu} \frac{u - w \operatorname{tg} V}{w + u \operatorname{tg} V}, \quad b = \frac{1}{\sin \mu} \frac{u + w \operatorname{tg} V}{w - u \operatorname{tg} V}, \quad c = \cotg \mu.$$

Nach den Werthen von Des Cloizeaux wird

$\lambda = 34^0 46'$	$a = 0,43502$
$\mu = 84 \quad 30$	$b = -40,94204$
$\nu = 59 \quad 39$	$c = 0,449434$

Wird  $\beta$  von derjenigen Fläche der Prismenzone aus gerechnet, welche normal zur optischen Axenebene steht, dann folgt aus

$$\operatorname{tg} 2x = \frac{(a-b)\sin \beta + 2c\cos \beta}{1 + (a\sin \beta + c\cos \beta)(b\sin \beta - c\cos \beta)} :$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= 0^0 \quad 4^0 38' \quad 40^0 \quad 20^0 \quad 30^0 \quad 34^0 24' \quad 40^0 \\
 \alpha &= +8^0 30' \quad 0^0 \quad -23^0 52' \quad -29^0 11' \quad -30^0 8' \quad -30^0 11' \quad -30^0 8' \\
 \beta &= 50^0 \quad 60^0 \quad 62^0 54' \quad 70^0 \quad 80^0 \quad 90^0 \\
 \alpha &= -29^0 57' \quad -29^0 49' \quad -29^0 48' \quad -29^0 52' \quad -30^0 7' \quad -30^0 38' \\
 \beta &= -10^0 \quad -20^0 \quad -23^0 49' \quad -30^0 \quad -40^0 \quad -50^0 \quad -60^0 \quad -70^0 \quad -80^0 \quad -90^0 \\
 \alpha &= 34^0 2' \quad 37^0 32' \quad 37^0 42' \quad 37^0 25' \quad 36^0 20' \quad 34^0 58' \quad 33^0 37' \quad 32^0 24' \quad 31^0 24' \quad 30^0 38'
 \end{aligned}$$

	$\beta$	$\alpha$
$m = (410)$	$36^0 \ 4'$	$-30^0 \ 11'$
$h^1 = (400)$	$7 \ 2$	$-19 \ 18$
$h^2 = (340)$	$0 \ 44$	$+4 \ 56$
$h^3 = (44.7.0)$	$-4 \ 0$	$+24 \ 34$
$t = (440)$	$-8 \ 33$	$+32 \ 40$
$g^1 = (040)$	$-44 \ 19$	$+36 \ 9$
$g^2 = (430)$	$-83 \ 29$	$+34 \ 6$

Ref.: J. Beckenkamp.

**3. D. Lovisato** (in Cagliari): Ueber den Turmalin von Caprera (Atti della R. Accad. dei Lincei, Rendiconti, 1895, 1, 84).

Turmalin von Sardinien war vorher nur von Asinara (La Reale) bekannt. Der Verf. hat aber an verschiedenen Orten von Sardinien Turmalin gefunden, und zwar: in den Kugelgraniten zwischen Quarto und Capo Carbonara, Guspini und Arbus, Arbus und der Ingurtosugrube, und zwischen letzterer und derjenigen von Montevecchio, Monte Santo di Paula, und von Paula zu Domus de Maria; ferner in den Schiefern und Gneissen im Contact mit den Kugelgraniten im NW-Theile der Insel und besonders an der Küste von Istintino zwischen Capo Falcone und der N-Küste der Nurra, in der Halbinsel Punta Rossa und auf den Inseln Caprera und della Pecora. Die Turmaline der letzteren Fundorte, besonders von Caprera, sind schwarz, glasglänzend und nie an beiden Epden, nur selten an einem Ende mit Krystallflächen begrenzt. Von den Rhomboëderflächen sind stets zwei mehr entwickelt. Beide Prismen sind vorhanden. Spec. Gew. 2,95 bis 3,05. Vor dem Löthrohre schmilzt er zu grüngelblicher Schlacke; Reaction auf Borsäure beim Schmelzen mit Kaliumbisulfat und Flussspath. In dunkler Rothgluth 2,45 % Verlust.

Die Analyse von M. Fasolo ergab:

$SiO_2$	40,09
$Al_2O_3$	36,44
$Fe_2O_3$	8,46
$FeO$	4,56
$Mn_2O_3$	0,79
$MgO$	2,40
$CaO$	0,28
$Na_2O$	4,25
$B_2O_3$	7,44
$Fl$	4,93
	<hr/> 100,04

Im Spectroskope sind die Linien des  $K$  mit Mühe sichtbar.  $B_2O_3$  und  $HFl$  wurden mittelst der Methode von Berzelius bestimmt. Das Material der Analyse war nicht frei von Quarz.

Ref.: G. Barfalini.

4. D. Lovisato (in Cagliari): Ueber einige Mineralien von Su Porru zwischen Fonni und Cereboi in Sardinien (Atti della R. Accad. dei Lincei, Rendiconti, 1895, 1, 111).

In den Schiefen von Su Porru fand Verf. ein Mineral, welches er nach dem Aussehen für Epidot hielt. Im geschlossenen Glasrohre decrepitirt es und giebt Wasser. Vor dem Löthrohre giebt es eine schwarze Schlacke, die vom Magneten angezogen wird. Das Pulver ändert die Farbe in der Hitze, sintert aber nicht zusammen. Mit warmer  $HCl$  wird es zersetzt und giebt eine gelbe Lösung, gallertartige Kieselsäure und einen Rückstand. Mit  $Na_2CO_3$   $Mn$ -Reaction. Härte etwa 4; spec. Gew. 3,446. Die Analyse von Fasolo ergab:

$SiO_2$	48,48
$CaO$	22,62
$FeO$	17,46
$MnO$	10,92
$MgO$	0,32
$H_2O$	0,32
	<hr/>
	100,12

Hieraus folgt die Formel:

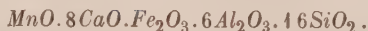


Das Fehlen der  $Al_2O_3$  beweist, dass das Mineral nicht der Epidotgruppe, sondern der Hedenbergitgruppe angehört.

Es ist von Zinkblende, Pyrit, Granat, Idokras, Chalkopyrit, Calcit und Quarz begleitet. Mit demselben kommt ferner vor ein grünlichgelbes Mineral in Nadeln mit zwei Spaltbarkeiten parallel der Längsrichtung und mit Glas- oder Harzglanz. Die Nadeln sind durchscheinend oder fast durchsichtig. Härte = 6; spec. Gew. 3,126 bei 10° C. Erhitzt im Glasrohre wird es dunkel und giebt wenig Wasser. Das Pulver wird in dunkler Rothgluth grünlichgelb und sintert zusammen. Vor dem Löthrohre giebt es eine dunkelgelbe Schlacke. Das calcinirte Pulver zersetzt sich mit  $HCl$  und giebt gallertartige Kieselsäure. Die Analyse von Fasolo ergab:

$SiO_2$	44,97
$Al_2O_3$	28,60
$Fe_2O_3$	5,48
$MnO$	3,10
$CaO$	19,55
$MgO$	Spur
$H_2O$	0,71
Verlust	0,59
	<hr/>
	100,00

Hieraus folgt die Formel:



Also ist es nur Epidot, welcher wegen des geringen  $Fe_2O_3$ -Gehaltes dem Zoisit sehr nahe steht.

Im älteren Trachyt findet man Sphäroide, welche nach Entfernung der äusseren Kruste sich als aus krystallinischem Epidot zusammengesetzt zeigen. Dieser ist grün, glänzend, durchscheinend, zerbrechlich. Das Pulver verliert 2,83% von 210° bis zur Rothgluth. Härte = 6; spec. Gew. 3,04—3,16.

Die Analyse von Fasolo ergab:

$\text{SiO}_2$	42,25
$\text{Al}_2\text{O}_3$	20,35
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	11,87
$\text{FeO}$	0,31
$\text{CaO}$	18,65
$\text{MgO}$	2,13
$\text{Na}_2\text{O}$	1,47
$\text{TiO}_2$	0,02 (0,05)
$\text{H}_2\text{O}$	2,83
Verlust	0,12
	<hr/> 100,00

Kalium wurde auch im Spectroskope nicht gefunden.

Epidot findet man in Sardinien in allen krystallinischen Gesteinen.

Ref.: G. Bartalini.

**5. A. Righi** (in Bologna): **Doppelbrechung der elektrischen Wellen im Gyps** (Atti della R. Accad. dei Lincei, Rendiconti 1895, 2, 203).

Durch Apparate, welche bereits in einer anderen Publication beschrieben wurden, hat der Verf. mit elektrischen Wellen alle Erscheinungen erhalten, die man mit denen des Lichtes erhalten kann, und zwar Interferenz, Diffraction, metallische Reflexion u. s. f.

In vorliegender Abhandlung weist er die Doppelbrechung am Kalkspath und am Gyps nach. In den Gypsplatten parallel der Hauptsplattungsebene sind die elektrischen Auslöschungsrichtungen nicht parallel den optischen, sondern parallel resp. senkrecht zu der (nicht fasrigen) Spaltbarkeit (100). Also scheinen die elektrischen Erscheinungen in näherer Beziehung zur Krystallform zu stehen, als die optischen.

Ref.: G. Bartalini.

**6. E. Artini** (in Mailand): **Ueber den Apatit von Elba** (R. Accad. dei Lincei 1895, 2, 259).

In der elbanischen Sammlung Pisani des Museums von Mailand hat der Verf. einige sehr glänzende, gut ausgebildete und flächenreiche Krystalle gefunden, welche von Lepidolith, Turmalin, Petalit, Quarz, Orthoklas und Albit begleitet sind.

Beobachtete Formen (auf die Grundform von Naumann bezogen):  $\{111\}$ ,  $\{2\bar{1}\bar{1}\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{5\bar{1}\bar{4}\}$ ,  $\{5\bar{1}\bar{1}.11\bar{1}\}$ ,  $\{100.22\bar{1}\}$ ,  $\{411.110\}$ ,  $\{41\bar{2}\}$ ,  $\{20\bar{1}.25\bar{4}\}$ ,  $\{2\bar{1}0.52\bar{4}\}$ .  $\{51\bar{4}\}$  ist stets untergeordnet oder fehlt.  $\{41\bar{2}\}$  mit schmalen, aber sehr glänzenden Flächen. Der hemiëdrische Charakter fehlt, indem die Flächen der Formen  $\{20\bar{1}.25\bar{4}\}$  und  $\{2\bar{1}0.52\bar{4}\}$  gleichzeitig und gleich entwickelt sind. Aus dem Winkel  $(100):(111) = 40^\circ 18' 48''$ , welcher vielfach und mit grosser Genauigkeit gemessen wurde, ergab sich  $(100):(010) = 68^\circ 9' 6''$  und

$$a : c = 1,73479,$$

was nach der Theorie von Pusyrewsky und Kokscharow dafür spricht, dass das Mineral reiner Fluorapatit ist. Der kleinen Menge des Materials wegen war die chemische Analyse unmöglich.

Ref.: G. Bartalini.



7. E. Artini (in Mailand): **Krystallographische Untersuchung des methyl-fumaraminsäuren Kaliums** ( $KCOO.CH:CH.CONH.CH_3$ ) (Gazzetta chimica ital. 1895, 25, I, 99). — Dargestellt von W. Körner und A. Menozzi. Krystalle aus Wasser.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,692 : 1 : 0,444.$$

$$\alpha = 85^\circ 32', \beta = 94^\circ 56', \gamma = 73^\circ 49'.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{040\}$ ,  $\{004\}$ ,  $\{044\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{1\bar{1}1\}$ . Farblose, durchsichtige Krystalle. Oefters verlängert nach  $[004]$ . Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Ref.: G. Bartalini.

8. E. Scacchi (in Neapel): **Krystallographische Untersuchung einiger Nitrophenylzimmtsäuren und ihrer Derivate** (Ebenda I, 340 und Rend. d. R. Accad. d. Sc. Fis. Mat. Napoli, 3. Marzo 1895). Dargest. von Frl. M. Bakunin.



Schmelzpunkt  $195^\circ$ — $196^\circ$ . Krystalle aus Alkohol durch Abkühlen.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

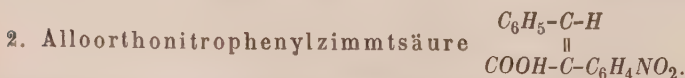
$$a : b : c = 0,9804 : 1 : 1,1119;$$

$$\alpha = 107^\circ 34', \beta = 111^\circ 46', \gamma = 91^\circ 21'.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{040\}$ ,  $\{004\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}0\}$ ,  $\{302\}$ . Kleine, halbdurchsichtige, gelbliche Krystalle (2—3 mm lang). Vorherrschende Formen  $\{100\}$ ,  $\{040\}$ ,  $\{004\}$ .  $\{302\}$  fehlt öfters oder ist sehr schmal. Alle Flächen, besonders  $\{040\}$ , schlecht spiegelnd.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(110) =$	$*39^\circ 28'$	7	—
$(100):(1\bar{1}0)$	$*47^\circ 50'$	7	—
$(100):(040)$	$84^\circ 42'$	4	$81^\circ 43'$
$(040):(004)$	$70^\circ 24'$	8	$70^\circ 34'$
$(040):(302)$	$93^\circ 4'$	4	$93^\circ 13'$
$(100):(004)$	$66^\circ 38'$	10	$66^\circ 38'$
$(004):(110)$	$*64^\circ 42'$	7	—
$(004):(1\bar{1}0)$	$*86^\circ 29'$	7	—
$(00\bar{1}):(302)$	$*76^\circ 33'$	4	—
$(110):(302)$	$59^\circ 45'$	2	$59^\circ 46'$
$(1\bar{1}0):(302)$	$47^\circ 49'$	2	$47^\circ 54'$

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Auf  $\{100\}$ ,  $\{040\}$ ,  $\{004\}$  schiefe Auslöschung.



Schmelzpunkt  $146^\circ$ — $147^\circ$ . Krystalle aus Alkohol durch Abkühlen.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,9604 : 1 : 0,7990; \beta = 70^\circ 11'.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{120\}$ . Kleine, wenig durchsichtige, strohgelbe, nach  $[001]$  (2—3 mm) verlängerte Krystalle. Sie zeigen verschiedenen Habitus. Alle Flächen, besonders  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ , schlecht spiegelnd.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(110) = 42^0 9'$		3	$42^0 5'$
$(120):(\bar{1}20) *57 56$		6	—
$(100):(001) *70 41$		4	—
$(100):(011) 74 20$		2	74 17
$(004):(110) 75 25$		1	75 26
$(004):(120) 80 27$		1	80 33
$(004):(011) *36 56$		5	—
$(011):(110) 52 44$		1	52 51
$(011):(120) 48 41$		3	48 56
$(011):(\bar{1}10) 78 27$		1	78 22
$(011):(\bar{1}20) 66 53$		1	66 46

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Auf  $\{100\}$  gerade Auslöschung.

### 3. Metanitrophenylzimmersäure $C_{15}H_{11}NO_4$ .

Schmelzpunkt  $181^0$ — $182^0$ . Krystalle aus Alkohol durch Abkühlen.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 1,1158 : 1 : 1,2693;$$

$$\alpha = 94^0 22', \beta = 100^0 44', \gamma = 94^0 5'.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{2\bar{1}0\}$ ,  $\{0\bar{1}2\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{1\bar{1}1\}$ ,  $\{\bar{1}\bar{1}1\}$ ,  $\{\bar{2}\bar{1}2\}$ . Durchsichtige, gelbe, glänzende Krystalle. Prismatisch nach  $[100]$ . Vorherrschende Form  $\{111\}$ . Im Allgemeinen gut spiegelnde Flächen mit Ausnahme der Zone  $[100]$  und besonders der Form  $\{010\}$ . Es kommen auch Zwillinge vor, deren Zwillingssaxe parallel  $[101]$  ist; Zusammensetzungsebene  $(\bar{2}\bar{1}2)$ .

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(010) = 85^0 0'$		2	$85^0 0'$
$(100):(2\bar{1}0) 29 58$		5	29 55
$(100):(111) 48 52$		5	48 48
$(100):(001) 78 44$		1	78 54
$(100):(0\bar{1}2) 83 1$		1	82 59
$(100):(21\bar{2}) *48 18$		4	—
$(21\bar{2}):(01\bar{2}) *48 43$		4	—
$(100):(\bar{1}\bar{1}1) 51 49$		1	51 20
$(100):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) 55 23$		5	55 22
$(010):(111) 48 42$		5	48 44
$(111):(\bar{1}\bar{1}1) 74 5$		10	74 7
$(010):(01\bar{2}) *61 48$		6	—
$(001):(0\bar{1}2) *33 26$		7	—
$(010):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) 47 16$		3	47 16
$(111):(21\bar{2}) 17 49$		3	17 48
$(010):(21\bar{2}) *65 4$		4	—
$(001):(\bar{1}\bar{1}1) 52 26$		5	52 23

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten	Berechnet:
$(111):(1\bar{1}\bar{1}) = 58^{\circ}41'$		4	$58^{\circ}41'$
$(00\bar{1}):(21\bar{2})$	61 8	1	61 11
$(00\bar{1}):(2\bar{1}0)$	97 17	4	97 27
$(2\bar{1}0):(111)$	74 29	1	74 21
$(2\bar{1}0):(1\bar{1}1)$	32 50	3	32 50
$(1\bar{1}1):(0\bar{1}2)$	36 49	2	36 49
$(2\bar{1}0):(21\bar{2})$	66 43	2	66 45
$(2\bar{1}0):(1\bar{1}\bar{1})$	79 51	1	79 46
$(01\bar{2}):(1\bar{1}\bar{1})$	45 59	1	46 4
$(111):(21\bar{2})$	68 44	1	68 28
$(111):(111)$	83 49	2	83 39
$(111):(2\bar{1}0)$	45 34	3	45 28

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Auf den Flächen der Zone  $[100]$  und auf  $\{111\}$  schiefe Auslöschung.

4. Allohydroparanitrophenylzimmersäure  $C_{15}H_{11}NO_4 \cdot H_2O$ .

Schmelzpunkt  $95^{\circ}$ — $105^{\circ}$  (?). Krystalle aus Alkohol durch Abkühlen.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,8090 : 1 : 0,7476.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{230\}$ ,  $\{120\}$ ,  $\{011\}$ . Durchsichtige, gelbe, sehr glänzende Krystalle. Fast immer vielfache Bilder.  $\{110\}$ ,  $\{230\}$  stets mit schmalen und oft unvollzähligen Flächen.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(011):(0\bar{1}1) = *73^{\circ}34'$		5	—
$(120):(1\bar{2}0)$	*63 26	18	—
$(120):(230)$	7 40	2	$7^{\circ}46'$
$(100):(110)$	39 1	4	38 58
$(011):(120)$	59 21	10	59 23
$(011):(110)$	67 48	1	67 53

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Starker Dichroismus; durch  $\{120\}$  intensives Gelb und grünliches Gelb. Auf  $\{120\}$  gerade Auslöschung.

5. Orthonitrophenylzimmersaures Natrium  $C_{15}H_{10}NO_4Na \cdot 5H_2O$ .

Krystalle aus Wasser.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,7340 : 1 : 0,9537;$$

$$\alpha = 93^{\circ}7', \quad \beta = 93^{\circ}48', \quad \gamma = 94^{\circ}51'.$$

Beobachtete Formen:  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{032\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{331\}$ ,  $\{1\bar{1}1\}$ ,  $\{3\bar{3}1\}$ . Grosse, wenig durchsichtige, strohgelbe, an der Luft zersetzbare Krystalle. Tafelig nach  $\{001\}$ , verlängert nach  $[100]$ .  $\{331\}$ ,  $\{3\bar{3}1\}$  sehr klein oder fehlend. Mit Ausnahme der Flächen von  $\{1\bar{1}1\}$  und  $\{032\}$  gut spiegelnd.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
(001):(032) =	*52° 46'	5	—
(040):(001)	*86 32	44	—
(040):(111)	56 18	8	56° 15'
(111):(111)	*58 28	8	—
(040):(331)	51 26	4	51 23
(331):(331)	69 47	3	69 35
(001):(111)	*55 34	7	—
(111):(331)	48 47	6	48 20
(001):(111)	*56 44	8	—
(111):(331)	20 44	3	20 22
(023):(111)	88 34	3	88 38
(023):(331)	74 7	4	73 39
(023):(111)	40 43	3	40 42
(111):(331)	67 40	2	67 58
(331):(111)	66 34	5	66 36

Unvollkommene Spaltbarkeit nach {100}. Auf {001} bildet eine Auslöschungsrichtung mit [001 : 032] nach links einen Winkel von 70° 30' (gelbes Licht).

# 6. Allometanitrophenylzimmtsaures Baryum ( $C_{15}H_{10}NO_4$ )<sub>2</sub>Ba.4½H<sub>2</sub>O.

Krystalle aus Wasser.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a : b : c = 0,9747 : 1 : 1,1693;$$

$$\alpha = 94^\circ 55', \beta = 104^\circ 23', \gamma = 100^\circ 29'.$$

Beobachtete Formen: {040}, {001}, {210}, {210}, {041}, {041}, {203}, {212}, {214}. Citrongelbe, durchsichtige Krystalle. Prismatisch nach der a-Axe. {040}, {041}, {001} stets mit vicinalen Flächen und wenig geeignet für Messungen. Andere grössere Krystalle sind undurchsichtig und schlecht messbar.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
(041):(041) =	81° 8'	3	81° 41'
(001):(041)	45 40	3	45 44
(040):(041)	37 32	2	37 34
(001):(210)	76 28	9	76 33
(210):(212)	*38 56	6	—
(212):(214)	*24 32	6	—
(001):(203)	43 27	3	43 23
(001):(210)	84 46	3	84 42
(040):(210)	54 53	4	54 51
(210):(210)	*54 44	7	—
(041):(210)	95 55	4	95 59
(041):(210)	56 44	4	56 48
(041):(212)	86 44	4	86 34
(041):(203)	64 56	4	64 58
(203):(212)	28 20	4	28 28
(041):(214)	73 47	4	73 40
(041):(203)	57 54	4	57 54



Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(20\bar{3}): (21\bar{4}) = 160^{\circ} 20'$		2	$160^{\circ} 15'$
$(01\bar{1}): (21\bar{4})$	44 44	4	44 37
$(01\bar{1}): (2\bar{1}0)$	70 42	3	70 39
$(2\bar{1}0): (21\bar{2})$	*64 10	4	—
$(21\bar{2}): (01\bar{1})$	*48 11	4	—
$(0\bar{1}1): (210)$	107 45	5	107 47
$(2\bar{1}0): (20\bar{3})$	60 49	4	60 49
$(2\bar{1}0): (21\bar{4})$	74 3	3	74 10
$(210): (20\bar{3})$	63 52	3	63 49

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Auf  $\{001\}$  und  $\{01\bar{1}\}$  schiefe Auslöschung.

7. Paranitrophenylzimmtsaures Baryum  $(C_{15}H_{10}NO_4)_2Ba.H_2O$ .

Krystalle aus Wasser.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,8896 : 1 : 0,8344; \beta = 89^{\circ} 19'.$$

Beobachtete Formen:  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{310\}$ ,  $\{313\}$ . Kleine, strohgelbe, durchsichtige, ziemlich gut messbare Krystalle. Tafelig nach  $\{010\}$ .  $\{310\}$  sehr schmal und selten.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(010): (110) = 48^{\circ} 29'$		11	—
$(010): (313)$	*79 6	5	—
$(110): (313)$	*49 1	5	—
$(110): (3\bar{1}3)$	66 3	4	$66^{\circ} 6'$
$(110): (310)$	25 4	4	25 5

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Auf  $\{010\}$  bildet eine Schwingungsrichtung mit  $c$  im stumpfen Winkel  $\beta$   $27^{\circ} 58'$  (Mittel von zwei Messungen) für gelbes Licht.

8. Orthonitrophenylzimmtsäuremethylläther  $C_{15}H_{10}NO_4.CH_3$ .

Schmelzpunkt  $75^{\circ}$ — $76^{\circ}$ . Krystalle aus Alkohol durch Abkühlen.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,7102 : 1 : 0,8913.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{012\}$ ,  $\{110\}$ . Grosse, strohgelbe, durchsichtige Krystalle. Tafelig nach  $\{001\}$ .  $\{100\}$ ,  $\{101\}$  sehr klein oder fehlend. Mit Ausnahme von  $\{100\}$  alle Flächen gut spiegelnd.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(110): (1\bar{1}0) = 70^{\circ} 46'$		12	—
$(100): (101)$	38 27	4	$38^{\circ} 33'$
$(001): (012)$	24 12	7	24 1
$(012): (110)$	*76 22	7	—
$(110): (101)$	50 20	3	50 23

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Auf  $\{001\}$  gerade Auslöschung.

9. Metanitrophenylzimmtsäuremethyläther  $C_{15}H_{10}NO_4 \cdot CH_3$ .

Schmelzpunkt  $78^0$ — $79^0$ . Krystalle aus Alkohol oder aus Aether (weniger messbar).

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,5496 : 1 : 0,6833; \beta = 71^0 26'.$$

Beobachtete Formen:  $\{011\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{10\bar{1}\}$ ,  $\{120\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{11\bar{1}\}$ . Durchsichtige, gelbliche Krystalle. Prismatisch nach  $[100]$ . Die Flächen genügend gut spiegelnd, ausgenommen  $\{011\}$ .

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(101):(10\bar{1}) = 73^0 32'$		1	$73^0 41'$
$(011):(0\bar{1}1) * 65 \ 52$		10	—
$(10\bar{1}):(01\bar{1})$	69 11	3	69 14
$(011):(120)$	55 3	2	55 7
$(111):(101)$	18 49	4	18 56
$(111):(1\bar{1}1)$	37 42	1	37 52
$(111):(011)$	39 23	4	39 24
$(111):(0\bar{1}1)$	65 8	2	65 10
$(11\bar{1}):(120)$	40 5	2	40 1
$(11\bar{1}):(10\bar{1})$	25 14	10	25 13
$(11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1}) * 50 \ 26$		9	—
$(01\bar{1}):(11\bar{1}) * 56 \ 28$		10	—
$(01\bar{1}):(111)$	95 6	7	95 7
$(111):(11\bar{1})$	67 46	4	67 45
$(111):(1\bar{1}\bar{1})$	84 7	7	84 8
$(111):(10\bar{1})$	74 36	1	74 35
$(101):(11\bar{1})$	75 15	4	75 17
$(120):(01\bar{1})$	78 54	2	78 59

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Auf  $\{011\}$  schiefe Auslöschung.

10. Paranitrophenylzimmtsäuremethyläther  $C_{15}H_{10}NO_4 \cdot CH_3$ .

Schmelzpunkt  $141^0$ — $142^0$ . Krystalle aus Alkohol durch Abkühlen.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,9294 : 1 : 0,7001; \beta = 73^0 32'.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{120\}$ ,  $\{112\}$ ,  $\{012\}$ . Gelbliche, durchsichtige Krystalle. Prismatisch nach  $[001]$ . Im Allgemeinen, besonders  $\{120\}$ , schlecht spiegelnd.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(010):(120) = * 29^0 18'$		6	—
$(112):(1\bar{1}2) * 32 \ 10$		3	—
$(010):(012)$	71 26	2	$71^0 27'$
$(120):(112) * 59 \ 27$		5	—
$(112):(012)$	17 44	3	17 26
$(112):(0\bar{1}2)$	39 0	3	38 57
$(\bar{1}20):(012)$	81 26	3	81 36
$(120):(012)$	66 7	1	65 51
$(\bar{1}20):(112)$	94 46	1	94 26

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Auf (010) bildet eine Auslöschungsrichtung mit  $c$  in dem stumpfen Winkel  $\beta$   $52^{\circ} 20'$  (Mittel von vier Messungen) für gelbes Licht.

Ref.: G. Bartalini.

**9. G. La Valle** (in Messina): **Krystallographische Untersuchung einiger organischer Verbindungen** (Gazzetta chimica 1895, 2, 24, 30, 33). Dargestellt von G. Errera.



Schmelzpunkt  $184^{\circ}$ . Krystalle aus Benzol.

Krystalssystem: Monosymmetrisch.

$$a:b:c = 1,9778:1:1,1104; \beta = 85^{\circ} 48'.$$

Beobachtete Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{210\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{\bar{1}11\}$ . Farblose, durchsichtige Krystalle. Tafelig nach  $\{001\}$ .

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(001):(100) =$	$*85^{\circ} 48'$	3	—
$(100):(110)$	$*63 \quad 7$	6	—
$(001):(011)$	$*47 \quad 55$	4	—
$(100):(111)$	$67 \quad 0$	1	$66^{\circ} 56'$
$(111):(011)$	$20 \quad 16$	1	$20 \quad 15$
$(\bar{1}00):(111)$	$72 \quad 5$	1	$71 \quad 52$
$(110):(111)$	$38 \quad 10$	2	$38 \quad 6$
$(111):(001)$	$49 \quad 51$	1	$50 \quad 0$
$(001):(\bar{1}11)$	$51 \quad 45$	1	$52 \quad 18$
$(100):(210)$	$44 \quad 38$	1	$44 \quad 36$

Auf  $\{001\}$  gerade Auslöschung.



Schmelzpunkt  $129^{\circ}$ — $130^{\circ}$ . Krystalle aus Benzol.

Krystalssystem: Rhombisch.

$$a:b:c = 0,9983:1:0,4594.$$

Beobachtete Formen:  $\{110\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{021\}$ . Kleine (2—3 mm), farblose, durchsichtige Krystalle. Verlängert nach  $[001]$ .

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(110):(\bar{1}\bar{1}0) =$	$*89^{\circ} 54'$	8	—
$(110):(101)$	$*72 \quad 47$	6	—
$(110):(01\bar{1})$	$72 \quad 47$	6	$72^{\circ} 54'$
$(101):(011)$	$34 \quad 27$	6	$34 \quad 22$
$(101):(\bar{1}01)$	$49 \quad 29$	2	$49 \quad 26$
$(011):(\bar{0}\bar{1}1)$	$49 \quad 53$	2	$49 \quad 21$
$(011):(021)$	$17 \quad 57$	2	$17 \quad 54$

Obwohl die Krystallform sehr nahe quadratisch ist, beobachtet man auf  $\{001\}$

Auslöschung nach den Axen  $a$  und  $b$  und das rhombische Axenbild mit ziemlich grossem Winkel. Dieser Winkel wurde aber nicht gemessen wegen der Schwierigkeit der Herstellung von Platten.



Schmelzpunkt  $140^0$ — $175^0$  (zersetzt sich). Krystalle aus Alkohol.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

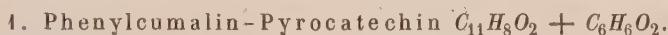
Beobachtete Formen:  $\{110\}$ ,  $\{001\}$ .

Winkel:  $(110):(110) = 73^0 38'$ ,  $(110):(001) = 68^0 36'$ .

Diese ungenauen und unzureichenden Messungen gestatten nicht die Berechnung des Axenverhältnisses.

Ref.: G. Bartolini.

10. G. B. Negri (in Genua): Krystallographische Untersuchung der Verbindungen des Phenylcumalins mit Phenolen (Gazzetta chimica 1895, 2, 336, 338, 340). Dargestellt von G. Ciamician und P. Silber.



Schmelzpunkt  $64^0$ — $66^0$ . Krystalle aus Aether.

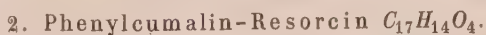
Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a:b:c = 1,327:1:0,652$ ;  $\beta = 80^0 34'$ .

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{210\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{201\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{201\}$ . Grosse (bis 20 mm), nach  $[010]$  prismatische Krystalle. Schlecht spiegelnd, folglich wenig genaue Messungen (wahrscheinlicher Fehler ca.  $30'$ ). Vorherrschende Formen  $\{201\}$ ,  $\{201\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{001\}$ . Die Krystalle zersetzen sich nach einiger Zeit oberflächlich und werden matt. Die Constanten wurden mittelst der Methode der kleinsten Quadrate aus den sechs besseren Winkeln berechnet.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
(100):(201)	= 41° 10'	6	40° 43'
(100):(110)	52 44	2	52 37
(011):(010)	56 48	4	57 16
(021):(010)	36 57	3	37 52
(100):(210)	32 40	1	33 12
(001):(201)	48 21	1	49 7
(001):(101)	24 16	1	24 9

Keine Spaltbarkeit.



Schmelzpunkt  $110^0$ . Krystalle aus Aether.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$a:b:c = 0,5332:1:0,3808$ ;  $\beta = 85^0 25'$ .

Beobachtete Formen:  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{120\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{011\}$ . Kleine, gelbliche Krystalle. Prismatisch nach  $[001]$ , gut spiegelnd; vorherrschend  $\{110\}$ ,  $\{011\}$ .



Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(110):(011) =$	$*76^0 33'$	6	—
$(110):(\bar{1}\bar{1}0)$	$*55\ 59$	8	—
$(011):(0\bar{1}1)$	$*41\ 34$	6	—
$(101):(011)$	$38\ 50$	2	$39^0\ 9'$
$(110):(101)$	$57\ 5$	4	$56\ 37$
$(011):(\bar{1}10)$	$83\ 54$	4	$84\ 14$
$(110):(120)$	$18\ 43$	4	$18\ 46$

Auf  $\{110\}$  fast gerade Auslöschung; schwacher Pleochroismus.

### 3. Phenylcumalin-Hydrochinon $C_{17}H_{14}O_4$ .

Schmelzpunkt  $108^0$ . Krystalle aus Aether.

Krystallsystem: Asymmetrisch.

$$a:b:c = 1,5941:1:??;$$

$$\alpha = 94^0 45', \beta = 100^0 16', \gamma = 97^0 10'.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ . Nach  $[001]$  prismatische, schlecht spiegelnde Krystalle. Vorherrschend  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ . Parallelverwachsungen.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(010) =$	$*84^0 49'$	8	—
$(010):(001)$	$*83\ 49$	6	—
$(100):(001)$	$*79\ 0$	4	—
$(110):(001)$	$*79\ 34$	6	—
$(100):(\bar{1}10)$	$52\ 6$	4	$51^0 48'$

Vollkommene Spaltbarkeit nach  $\{001\}$ . Auf allen Flächen schiefe Auslöschung.

### 4. Phenylcumalin $C_{11}H_8O_2$ .

Krystalle aus Aether. — Krystallsystem: Rhombisch.

$$a:b:c = 1,2865:1:0,3679.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{120\}$ . Undurchsichtige, weisse Krystalle. Sie zeigen nur die oberen Flächen von  $\{101\}$ , während das untere Ende der  $c$ -Axe nur unbestimmbare, gerundete Flächen zeigt. Also scheinen sie hemimorph zu sein.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(110):(\bar{1}10) =$	$*75^0 53'$	10	—
$(101):(\bar{1}01)$	$*31\ 55$	6	—
$(110):(120)$	$16\ 34$	4	$16^0 37'$
$(110):(101)$	$80\ 17$	6	$80\ 17$
$(120):(101)$	$84\ 16$	4	$84\ 37$

Keine Spaltbarkeit.

Schliesslich stellt der Verf. in einer Tabelle die Constanten der Additionsproducte und der einzelnen Verbindungen zusammen:

Substanz:	Krystallsystem:	$a:b:c$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Phenylcumalin	Rhombisch	4,2865:4:0,3679	90° 0'	90° 0'	90° 0'
Phenylcumalin-Pyrocatechin	Monosymm.	4,3269:4:0,6518	90° 0	99 26	90 0
- Resorcin	-	0,5332:4:0,3808	90 0	94 35	90 0
- Hydrochinon	Asymm.	4,5944:4:?	94 45	100 16	97 10
Pyrocatechin	Monosymm. <sup>1)</sup>	4,6133:4:?	90 0	93 15	90 0
Resorcin	Rhombisch <sup>2)</sup>	0,5404:4:0,9405	90 0	90 0	90 0
Hydrochinon	Monosymm. <sup>3)</sup>	4,558 :4:2,605	90 0	73 0	90 0

Ref.: G. Bartalini.

**11. G. Bartalini** (in Florenz): **Krystallographische Untersuchung einiger Vanadinalaune** (Gazzetta chimica 1895, 2, 452, 457, 459). Dargestellt von A. Piccini.

1. Vanadinammoniumalaun  $V_2O_3 \cdot 3SO_3 + (NH_4)_2O \cdot SO_3 + 24H_2O$ .

Schmelzpunkt 50° (in Krystallwasser).

Krystallsystem: Regulär, pentagonal hemiëdrisch.

Beobachtete Formen:  $\{111\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\pi\{210\}$ . Roth-violette (weinrothe), durchsichtige Krystalle. Dimensionen 1—9 mm. Alle Flächen sind etwas matt, also die Messungen nicht sehr genau. Vorherrschend  $\{111\}$ ,  $\{100\}$  (der entsprechende Chromalaun bildet unter denselben Umständen  $\{111\}$  mit untergeordnetem  $\{100\}$ , nie  $\pi\{210\}$ ).

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(001) = 90^\circ 21'$		6	90° 0'
$(111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	70 40	2	70 32
$(100):(210)$	26 25	5	26 34

Keine Spaltbarkeit. — Muschliger Bruch. Glasglanz. Platten parallel (100), (001), (010), (111) aus demselben Krystalle erwiesen sich fast an allen Stellen einfachbrechend.

2. Vanadinrubidiumalaun  $V_2O_3 \cdot 3SO_3 + Rb_2O \cdot SO_3 + 24H_2O$ .

Krystallsystem: Regulär, pentagonal hemiëdrisch.

Beobachtete Formen:  $\{111\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\pi\{210\}$ . Bläulich-violette, durchsichtige Krystalle. Gut spiegelnd. Vorherrschend  $\{111\}$ .

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(001) = 90^\circ 45'$		5	90° 0'
$(111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	70 34	4	70 32
$(100):(210)$	26 28	7	26 34

Keine Spaltbarkeit. Muschliger Bruch. Glasglanz. Einfachbrechend an fast allen Stellen der untersuchten Platten.

1) Die Pyrocatechinkrystalle wurden vom Verf. gemessen. Krystallsystem: Monosymmetrisch. Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{004\}$ . Winkel:  $(100):(110) = 58^\circ 39'$ ,  $(110):(\bar{1}\bar{1}0) = 63^\circ 40'$ ,  $(004):(\bar{1}\bar{1}0) = 88^\circ 17'$ . Auf (100) gerade Auslöschung.

2) Siehe Groth, Phys. Kryst. Hier sind die Coordinatenebenen (100), (004) vertauscht.

3) Hier ist ebenfalls die  $a$ - mit der  $c$ -Axe vertauscht. S. Lehmann, diese Zeitschr. 1, 44.

3. Vanadincäsiumalaun  $V_2O_3 \cdot 3SO_3 + Cs_2O \cdot SO_3 + 24H_2O$ .

Krystallsystem: Regulär, pentagonal hemiëdrisch.

Beobachtete Formen:  $\{111\}$ ,  $\pi\{210\}$ ,  $\{100\}$ . Balaisrubinrothe bis amethystviolette Krystalle. Durchsichtig oder halbdurchsichtig. Dimensionen 1—2 mm. Gut spiegelnd. Vorherrschend  $\{111\}$ ;  $\{100\}$  öfters fehlend.

$$\begin{array}{lcl} (111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 70^\circ 27' & & 70^\circ 32' \\ (100):(210) & 26 \ 36 & 26 \ 34 \end{array}$$

Keine Spaltbarkeit. Muschliger Bruch. Glas- bis Metallglanz. Einfachbrechend an fast allen Stellen der beobachteten Platten.

Ref.: G. Bartalini.

12. L. Brugnatelli (in Pavia): **Krystallographische Untersuchung einiger neuer Sulfonverbindungen** (Rivista di Min. e Crist. ital. di Panebianco 1895, 14, 33). Dargestellt von R. Otto, Träger und Rössing.1.  $\alpha$ -Naphthylmethylsulfon  $C_{10}H_7 \cdot SO_2 \cdot CH_3$ .Schmelzpunkt  $102^\circ$ — $103^\circ$ . Krystalle aus Essigäther, oder Essigäther mit Alkohol.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,9249 : 1 : 0,7550.$$

Beobachtete Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{111\}$ . Farblose, durchsichtige, sehr glänzende Krystalle. Im Allgemeinen tafelig nach  $\{001\}$ , verlängert nach  $\{100\}$ .  $\{010\}$  sehr selten.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(111) =$	$56^\circ 55'$	8	—
$(111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	$83 \ 56$	9	—
$(111):(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	60 37	6	$60^\circ 39'$
$(011):(001)$	36 42	5	37 3

Der Kleinheit der Krystalle wegen Spaltbarkeit nicht beobachtet. Optische Axenebene  $(100)$ . Erste Mittellinie parallel  $[010]$ .2.  $\beta$ -Naphthylmethylsulfon  $C_{10}H_7 \cdot SO_2 \cdot CH_3$ .Schmelzpunkt  $142^\circ$ — $143^\circ$ .

Nicht messbare Krystalle. Sie zeigen ein Prisma mit einer geneigten Basis. Unter dem Mikroskope wurde gemessen:

$$[110 : \bar{1}\bar{1}0] : [001 : 110] = 81^\circ \text{ ca.}$$

Auf  $\{110\}$  und  $\{\bar{1}\bar{1}0\}$  sind die Schwingungsrichtungen genau symmetrisch. Sie bilden mit der  $c$ -Axe nach  $+c$  zu  $+a$  hin einen Winkel von  $6^\circ$  ca. (Na-Licht). Also scheinen die Krystalle zum monosymmetrischen Krystallsysteme zu gehören.3.  $\alpha$ -Naphthalinsulfonsäure-Methyläther  $C_{10}H_7SO_2 \left\{ \begin{array}{l} O. \\ CH_3 \end{array} \right\}$ .Schmelzpunkt  $78^\circ$ . Krystalle aus Essigäther.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,8676 : 1 : 0,7025.$$

Beobachtete Formen:  $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{111\}$ . Gelbliche Krystalle. Tafelig nach  $\{001\}$ , verlängert nach  $[100]$ .  $\{100\}$  öfters fehlend.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(010):(111) = *64^{\circ}22'$		6	—
$(111):(111) = *86$	4	6	—
$(111):(111)$	112 53	5	$112^{\circ}57'$

Glasglanz. Durch  $\{001\}$  tritt eine Mittellinie aus. Ebene der optischen Axen parallel  $\{100\}$ .

4.  $\beta$ -Naphthalinsulfonsäure-Methyläther  $C_{10}H_7SO_2\left\{ \begin{array}{l} O \\ CH_3 \end{array} \right.$ .

Schmelzpunkt  $56^{\circ}$ . Krystalle aus Essigäther und aus Alkohol.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a:b:c = 0,8246:1:0,5997; \quad \beta = 80^{\circ}15'.$$

Beobachtete Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{101\}$ . Nach  $\{001\}$  tafelige, selten prismatische Krystalle.  $\{101\}$  selten, aber gut spiegelnd. Die anderen Formen schlecht spiegelnd.

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(001) = *80^{\circ}15'$		7	—
$(100):(110) = *39$	6	8	—
$(100):(101) = *60$	29	5	—
$(001):(110)$	82 22	6	$82^{\circ}27'$
$(110):(101)$	67 40	4	$67^{\circ}34'$

Keine Spaltbarkeit. Optische Axenebene senkrecht zu  $(010)$ . Erste Mittellinie in der Symmetrieebene und im stumpfen Winkel  $\beta$ . Durch  $\{001\}$  sehr geneigt das Axenbild sichtbar. Kleiner Axenwinkel. Starke Dispersion der Axen und der Mittellinien,  $\varrho < \nu$ . Starke und negative Doppelbrechung.

Ref.: G. Bartolini.

13. L. Brugnatelli (in Pavia): Ueber die Krystallform des p-Dibromsulfobenzid  $(C_6H_4Br)_2SO_2$  (Rivista di Min. e Crist. ital. di Panebianco 1895, 14, 74). Dargestellt von R. Otto. Schmelzpunkt  $172^{\circ}$ . Krystalle aus Essigäther.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a:b:c = 2,4592:1:4,1118; \quad \beta = 87^{\circ}20'.$$

Beobachtete Formen:  $\{001\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{112\}$ . Farblose, sehr glänzende Krystalle. Tafelig nach  $\{001\}$ , verlängert nach  $[010]$ .

Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
$(100):(001) = *87^{\circ}20'$		5	—
$(100):(110) = *67$	54	4	—
$(001):(011) = *76$	49	4	—
$(001):(110)$	88 57	5	$89^{\circ}0'$
$(001):(101)$	57 47	4	$57^{\circ}40'$
$(110):(101)$	70 55	3	$70^{\circ}59'$
$(001):(112)$	64 57	3	$64^{\circ}53\frac{1}{2}'$



Winkel:	Beobachtet:	Zahl der Kanten:	Berechnet:
(100):(112) =	68° 49'	5	68° 52'
(110):(112)	23 59	2	24 6
(101):(112)	58 56	3	58 53
(011):(112)	23 44	2	23 44

Spaltbarkeit nach {001}. Optische Axenebene senkrecht zu (010). Erste Mittellinie im stumpfen Winkel  $\beta$ . Auf {001} ? sehr geneigt das Axenbild sichtbar. Starke Dispersion der optischen Axen,  $\varrho > v$ . Gut sichtbare, horizontale Dispersion. Sehr energische und positive Doppelbrechung.

Ref.: G. Bartalini.

**14. R. Panebianco** (in Padua): **Ueber Blutkrystalle** (Rivista di Min. e Crist. ital. di Panebianco 1895, 14, 84).

Im Blute des an »Giallume« erkrankten Bombyx Mori entdeckte Cornalia 1856 einige Kügelchen, welche man im gesunden Seidenwurm nicht finden kann. Diese Kügelchen sind nichts anderes, als Krystalle, welche dem regulären Krystallssysteme angehören, weil sie einfachbrechend sind. Unter dem Mikroskope, mittelst starker Vergrößerungen (650—1300), zeigen sie die Combinationen {110}, {110} {111}, {110} {100} oder {100} {111}. Auch bei der »Biancume« findet man identische Krystalle, aber mit besser sichtbaren Formen {100} {111} oder {110} {111} mit gerundeten Flächen. Die Krystalle der beiden Substanzen bleiben unverändert bis 200° und werden gelb bei 260°—300°. Mit Lösung von 2 0/0  $KJ + J$  werden sie braungelb, besonders, wenn sie mit Aether gewaschen sind, um sie von der Fettsubstanz zu befreien. Mit Milon'scher Reaction färben sie sich rosenroth. Mit Kupfersulfat und dann mit  $KOH$  behandelt werden sie hellviolett. Durch Fuchsin werden sie dunkelroth gefärbt. In Essigsäure schwelen sie an. In concentrirtem  $KOH$  lösen sie sich, und durch  $H_2SO_4$  erhält man dieselben, aber kleinere Krystalle. Die Krystalle scheinen eine albuminöse Substanz, aber verschieden von Eiweiss zu sein.

Ref.: G. Bartalini.

**15. Derselbe**: **Ueber den Pleochroismus des Hämins** (Ebenda 15, 32). — Nach Lagorio (Journ. d. russ. phys. chem. Ges. 1885, 17, 35) soll das Hämin asymmetrisch krystallisiren. Der Verf. findet dies sehr schwierig zu bestimmen, während der Pleochroismus sehr leicht zu sehen, weil er sehr stark ist. Ferner sind die kleinen und seltenen Krystalle des Hämins sehr leicht zwischen gekreuzten Nicols zu finden.

Ref.: G. Bartalini.

**16. L. Bombicei** (in Bologna): **Beschreibung der Exemplare von gediegenem Schwefel aus der Romagna im Museum von Bologna** (Mem. d. R. Accad. d. Sc. dell' Ist. di Bologna 1895 (5), 4, 737).

Die Schwefelformation liegt zwischen Forlì, Pesaro, Ancona, Sartina und Urbino; sie besitzt eine Flächenausdehnung von circa 2000 km<sup>2</sup>; die Mächtigkeit der Schichten beträgt 30—40 cm, in einzelnen Fällen auch bis 3 m. Der Verf. hat an 30 Krystalle gemessen und giebt die folgenden Mittelwerthe:

(111):(111) =	73° 48'	(111):(001) =	71° 24'
(111):(111)	94 56	(111):(113)	26 5
(111):(111)	36 34	(113):(001)	45 38
(111):(011)	47 44	(110):(110)	78 55

und das Axenverhältniss:

$$a : b : c = 0,8426 : 1 : 1,9088.$$

Beobachtete Formen: {111}, {113}, {112}, {001}, {010}, {011}, {110}. Dimensionen der Krystalle im Allgemeinen 2—4 cm. Der Habitus ist pyramidal mit der Basis in den reinsten Krystallen, dagegen tafelig nach {001} in Krystallen, die mit Quarz oder Calcit bedeckt sind. Die Krystalle sind nicht hemiëdrisch, oft aber verzerrt; der Verf. ist indessen ungewiss über die Existenz einer Hemi-morphie. Einige Krystalle zeigen Aetzfiguren, wie wenn sie durch Schwefelwasserstoff theilweise gelöst worden wären. Auf einigen Flächen erscheinen flache Eindrücke mit einem Quadrat in der Mitte, welche der Verf. durch Tropfen von *NaCl*-Lösung verursacht ansieht.

Es wurden auch Zwillingskrystalle mit den Zwillings Ebenen (111) und (011) beobachtet. Einige grosse Krystalle sind mit dünnen Krusten oder Häuten von Calcit, Cölestin und Quarz bedeckt. Endlich findet man auch radialfaserige Kügelchen von Schwefel.

Der Schwefel ist von Quarz (selten), Cölestin (von Artini untersucht), Selenit, Epsomit, Calcit, Aragonit und bituminösen Kohlenwasserstoffen begleitet. Was die Erklärung des Ursprunges des Schwefels der Romagna betrifft, so nimmt der Verf. mit geringen Modificationen diejenige von Spezia für den Schwefel von Sicilien an.

Ref.: G. Bartalini.

**17. Derselbe: Krystallogenetische Bemerkungen** (Sulla contemporaneità di origine e di adattamento di sostanze diverse che cristallizzano nello stesso spazio poliedrico per coesistere nello stesso cristallo. Sulla durata indefinita del lavoro molecolare cristallogenico perfezionante nelle sostanze cristalline e nelle rocce in posto. — Ebenda (5) 5, 475).

Der Verf. beschreibt einige Exemplare der mineralogischen Sammlung von Bologna, die ihm auf einige neue Thatsachen hinzudeuten scheinen. 1) Eine lange Dauer der molekularen, krystallogenetischen Arbeit. Beispiele: Geröll eines quaternären Conglomerats, welches in obermiocenen Selenitkrystallen eingeschlossen ist; Schwefelkrystalle über anderen älteren Schwefelkrystallen. 2) Einschlüsse von Staub oder von fremden Krystallen ohne bestimmte Orientirung. Beispiele: Steinsalz mit Bitumen, Calcit mit Pyritkryställchen, Krystallisationen in künstlichem Glase etc. 3) Beispiele für die Dauer der molekularen Beweglichkeit und Fähigkeit zur weiteren Orientirung krystallinischer Theilchen in potentiell krystallisirten Massen (Einschlüsse von Theilchen oder kleineren Krystallen mit symmetrischer Orientirung zum Theil parallel den Spaltungsrichtungen). Beispiele: Steinsalz, Achat etc., Staurolith, Selenit, Cölestin, Baryt, Anglesit, Labradorit, Calcit mit Chalkopyrit, schwarzer Quarz. 4) Beispiele von fortschreitender Vervollkommenung der Structur. Erhöhung der Reinheit, physikalischen und chemischen Homogenität, Klarheit und Farbe in natürlichen Krystallen (?). Relativ symmetrische Anordnungen. Krystallogenetische Ausseigerungen (?). Beispiele: Flusspath in vielfarbigen Hexaëdern, Cumengeit, Boleit, Percylit, vielfarbige Turmaline, Olivin, Quarz mit Einschlüssen von Rutil etc., Kalkspath mit künstlichen Zwillingen. 5) Beispiele für die Dauer einer relativen Weichheit oder Plasticität mit Befähigung für specielle Umformungen (wesentlich geologisch).

Ref.: G. Bartalini.

**18. G. Spezia** (in Turin): Ueber den Druck bei der Einwirkung des Wassers auf Apophyllit und Glas (Accad. reale delle Sc. di Torino 1895, 30, 245).

Nach den Versuchen von Wöhler über die Löslichkeit des Apophyllits und den Anmerkungen von Waltershausen hat man, ungeachtet der entgegen gesetzten Schlüsse von Bunsen, zu grosse Wichtigkeit auf den Coëfficienten des Druckes in der Löslichkeit der Mineralien gelegt. Um die Wichtigkeit des Druckes zu bestätigen, hat der Verf. die folgenden Versuche gemacht. Der Apparat, welcher gebraucht wurde, war ein starker Stahlcylinder mit einem in der Wand eingeschlossenen Thermometer, welches sich in Luft innerhalb eines Kupfercylinders befand und erwärmt wurde. Im Wasser, von dem der Stahlcylinder erfüllt war, lag das Rohr mit der Substanz. Im Schraubendeckel des Stahlcylinders befand sich ein Loch mit einer inneren Klappe und ein zweites, welches durch den Druck einer Schraube von aussen geschlossen werden konnte. Der Druck wurde nach vorläufigen Experimenten berechnet. Das Material wurde aus einem grossen Apophyllitkrystalle von Poonah erhalten. Es wurde stets ein Silberrohr und destillirtes Wasser gebraucht. 1) Apophyllit in kleinen Spaltlamellen sechs Monate und 24 Tage lang unter dem Drucke von 1750 Atmosphären bei der Temperatur von 25° ca. gehalten. Es wurde kein Anzeichen von Löslichkeit gefunden. 2) Grosse Spaltungsplatten von Apophyllit 13 Tage bei der Temperatur von 193°—211° (Mittel 197°) unter dem Drucke von 14 Atm. gehalten. 3) Platten wie in 2) ebenso lange bei der Temperatur von 93°—107° (Mittel 99°) unter einem Anfangsdrucke (bei 12°) von 500 Atm. gehalten, welcher mit dem Erwärmen bis 1056 Atm. zunahm.

In 1) wurde Lösung erhalten, in 2) aber nicht. Also hat der Druck keine Wirkung in der Löslichkeit mit Ausnahme desjenigen, welcher nöthig ist, um das Wasser in Contact mit dem Mineral zu erhalten.

Für die Versuche mit Glas wurden Platten gebraucht, welche aus demselben Stücke geschnitten waren. 1) Temperatur 211°—253° (Mittel 238°), Druck 33 Atm. Nach elf Tagen war die Dicke der Platte, welche vorher 1,2 mm war, 0,1 mm geworden. — 2) Temperatur 130°—158° (Mittel 139°), Druck 1025 Atm. Nach elf Tagen war die Platte nur oberflächlich zersetzt. — 3) Temperatur 140°—151° (Mittel 143°), Druck nur derjenige, welcher für die Temperatur nöthig war. Nach vier Tagen hatte man Zersetzung der Platte, aber weniger als in 2). — 4) Temperatur 112°—129° (Mittel 118°), Druck 1,7 Atm. — 5) Temperatur 110°—130° (Mittel 116°), Druck 1400 Atm. In den beiden letzteren Versuchen hatte man nach vier Tagen mehr Zersetzung in 5) als in 4), beide waren aber sehr gering.

Demnach erzeugt bei gleicher Temperatur eine Zunahme des Druckes eine Wirkung, welche aber mit der einer Zunahme der Temperatur nicht vergleichbar ist.

Ref.: G. Bartalini.

**19. Derselbe:** Ueber den Druck bei der Einwirkung des Wassers auf Quarz (Ebenda 1895, 31, 196).

Für die Löslichkeit des Quarzes hat Pfaff gefunden, dass bei der Temperatur von 18° unter dem Drucke von 290 Atm. ein Theil in 4700 Wasser löslich ist. Diese Menge ist nach dem Verf. in Folge einiger Fehlerquellen in der Methode von Pfaff zu gross. Derselbe wandte daher anstatt des Pulvers eine Platte an und, um dieselbe Wirkung zu erhalten, eine längere Zeit. Das Material wurde einem vollkommen wasserhellen Quarzkrystalle aus der Dauphinée entnommen.



Die Apparate sind dieselben, wie für Apophyllit. Es wurde ebenfalls Silberrohr und destillirtes Wasser angewandt.

1) Eine matte Quarzplatte von 11,6644 g, deren ganze Oberfläche 2206 mm<sup>2</sup> war, wurde unter dem Drucke von 1750 Atm. fünf Monate und drei Tage bei einer Temperatur von höchstens 250 gehalten. Es wurde keine Differenz im Gewichte gefunden, und das Wasser lieferte nach der Verdunstung keinen Rückstand. — 2) Eine parallel der Axe gut geschliffene Quarzplatte, deren ganze Oberfläche 994 mm<sup>2</sup> und deren Gewicht 1,5545 g war, wurde im Wasser unter dem Drucke von 1850 Atm. fünf Monate und vier Tage auf einer Temperatur von höchstens 270 gehalten. Kein Gewichtsverlust; unter dem Mikroskope keine Aetzfigur sichtbar. Also sind diese Beobachtungen in Widerspruch mit denjenigen von Pfaff. Schliesslich verspricht der Verf. einige weitere Versuche, um ebenso für Quarz die geringe Wichtigkeit des Druckes für die Löslichkeit zu erweisen.

Ref.: G. Bartalini.

**20. L. F. Navarro** (in Madrid): **Die Sammlung spanischer Mineralien im „Museo de Historia Natural“** (Actas d. I. Soc. Españ. de Hist. Natural 1895, 4, 1).

**Pyrit.** Die Exemplare von Guipúzcoa (Monte Alzo) sind fast alle Durchkreuzungszwillinge; diejenigen von Mondragón zeigen eine beim Pyrit selten vorkommende Faserstructur; die einzelnen Fasern bestehen aus nach einer Axe verlängerten Pentagondodekaëdern. Besonders schöne und flächenreiche Stufen, die das Museum besitzt, stammen von Villa del Cobre auf Cuba; erwähnenswerth sind Stalaktiten von Bailén (Prov. de Jaén), bestehend nur aus Pyrit mit eingelagerten Calcitlinsen.

**Kobaltglanz.** Nur derbe Stücke vom Guadalcanal bei Sevilla und von Gistain (Prov. Huesca, Pyrenäen).

**Gersdorffit.** Nur eine spanische Localität, Peñaflor bei Sevilla, bekannt.

**Arsenkies.** In Spanien sehr häufig. Die schönsten Krystalle wurden bei El Horcajo gefunden.

**Domeykit.** Ein schönes Exemplar aus der Provinz Pontevedra (nähere Angaben über die Localität fehlen).

**Bleiglanz.** Bemerkenswerth ist das Vorkommen von Hiendelaencina, vorherrschende Oktaëder mit schön glänzenden Flächen, stark antimon- und silberhaltig. Aehnlich in der Zusammensetzung sind die Krystalle von Villagutiérrez, mikroskopische Oktaëder, zu drahtförmigen Gebilden verwachsen. In Belmut (Tarragona) besonders grosse Krystalle, oft von Pyrit überwachsen. Die in Galicia vorkommenden Bleiglanze sind alle silberhaltig. Bei Barambio (Álava) Hexaëder auf Baryt und Flussspath. Ausserdem ist noch eine grosse Zahl von Localitäten angegeben.

**Kupferglanz.** Besonders häufig auf Cuba; bei Mantua (Cuba) krystallisirt. Das schönste spanische Vorkommen ist von Linares, Prov. Jaén.

**Antimonsilber.** Der einzige spanische Fundort ist Guadalcanal bei Sevilla.

**Kupferindig.** Eine Stufe von Mancayan auf Luzon zeigt schöne tafelförmige Krystalle zwischen Enargit.

**Zinnober.** Ist, auch abgesehen von dem klassischen Almadéner Vorkommen, in Spanien ziemlich verbreitet. Verf. erwähnt: La Creu bei Valencia, erdig, von Malachit und Siderit begleitet; ferner Collado de la Plata (Teruel),



verschiedene Orte der Provinz Almería; krystallisirt findet sich das Mineral in Riomonte, Provinz Galicia. Für den Bergbau können vielleicht die asturischen Localitäten Mieres und Pola di Lena wichtig werden; an letzterer findet sich mit Zinnober zusammen Realgar. Von Almadén besitzt das Museum einige sehr schöne Krystalle.

Buntkupfererz. Derb, bis jetzt nur in den Provinzen Huelva und Huesca gefunden.

Kupferkies. Verf. erwähnt schöne Krystalle von Villa del Cobre auf Cuba. Die Exemplare aus Spanien zeigen nichts Besonderes.

Guëjarit. Einzige Localität Guejar bei Capileira in der Sierra Nevada. Das Museum besitzt schöne Krystalle, darunter einen 3 cm langen, die meist nach der Verticalaxe gestreift sind.

Wolfsbergit. Kleine Krystalle, Prisma, Doma und Basis, auf Quarz von Mancayán auf den Philippinen.

Brogniartit. Findet sich in Hexaëdern krystallisirt in Cueva de la Plata, Sierra Nevada.

Freieslebenit. Das Museum besitzt Stufen mit schönen, bis 3 cm langen Krystallen von der Mine Verdad de los Artistas bei Hiendelaencina (b. Guadalajara).

Wittichenit. Findet sich in Menge, mit Kupferkies und Malachit zusammen, bei San Esteban de los Patos (Avila).

Bournonit. Krystalle sind vorhanden von Santo Domingo und Santa Eufemia, Prov. Ciudad Real; alle zeigen die für das Mineral charakteristischen Zwillinge nach dem Prisma.

Pyrrargyrit. Verf. giebt zwei Localitäten an: 1) Mina Santa Victoria bei Guadalcanal und 2) Hiendelaencina. Namentlich der letztere Fundort liefert schöne, bis 2 cm im Durchmesser grosse Krystalle.

Fahlerz. Schöne, flächenreiche Krystalle kommen bei Capileira in der Sierra Nevada und bei Torrecampo bei Cordoba vor.

Quirogit, ein neues Mineral. Aus den Bergwerken San Andrés, Georgiana und Paraiso<sup>1)</sup> erhielt der Verf. Krystalle eines Minerals, das er für tetragonal hält; die einfacheren Exemplare zeigen eine Pyramide {111} und das Prisma {100}; seltener kommt eine ditetragonale Pyramide vor, deren Zeichen nicht bestimmt wurde, ferner die Basis, dann noch {112} und {706} (?).

$$a : c = 1 : 1,286.$$

$$(111):(1\bar{1}1) = 80^{\circ} 9'$$

$$(111):(11\bar{1}) \quad 45 \quad 52$$

$$(100):(111) \quad 49 \quad 34$$

$$(001):(112) \quad 54 \quad 30$$

$$(001):(706) \quad 45 \quad 30$$

$$(112):(706) \quad 35 \quad 0$$

Das Mineral ist grau metallglänzend, wie Bleiglanz, oft matt angelaufen, wie oberflächlich oxydirtes Zink.

Eine von F. Soria ausgeführte Analyse einiger Krystalle ergab:

Pb	63,89 %	PbS	73,71 %
Sb	9,69	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	13,59
Fe	6,30	FeS	9,90
S	17,51		
Ag	Spuren		

1) Nähere Angaben über die Fundorte finden sich nicht in der Abhandlung. D. Ref.

Diese Zahlen führen auf die Formel  $4\text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot 30\text{PbS} \cdot 11\text{FeS}$ .

Da Verf. Schwefelkies eingewachsen in den Krystallen bemerkte, so meint er, bei Aufstellung der Formel vom Eisen absehen zu müssen und rechnet um auf  $3\text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot 23\text{PbS}$ .

Schrauf, bei dem der Verf. anfragte, ist mit der obigen Deutung nicht einverstanden und hält das vermeintliche neue Mineral einfach für Bleiglanz mit complicirten Formen des regulären Systems.

Härte etwa 3, spec. Gew. 7,22 bei  $13^0$ . Der Name wurde zur Erinnerung an den verstorbenen spanischen Mineralogen F. Quiroga gewählt.

Stephanit. Grosse tafelförmige Krystalle aus der Grube Verdad de los Artistas bei Hiendelaencina, Begleitminerale Pyrrargyrit und Freieslebenit.

Enargit. Ein schönes Stück von Mancayán auf den Philippinen zeigt bis 8 mm grosse Krystalle aufgewachsen auf einer strahligen Masse desselben Minerals.

Zum Schlusse erwähnt Verf. noch einige amorphe Erze, die er für Fahlerz hält und die Sb-haltig sind.

Ref.: W. Muthmann.

## 21. G. F. Becker (in Washington): Ueber die Substitutionstheorie in Almadén (Actas d. l. Socied. Españ. de Hist. Nat. 1894, 3, Octoberheft).

Verf. wendet sich gegen die von Casiano de Prado aufgestellte Hypothese <sup>1)</sup>, dass die zinnerreichen Sandsteine von San Pedro und San Diego in der Weise entstanden seien, dass der Zinner einen Theil des Quarzes verdrängt habe. Er giebt eine Zusammenstellung über die Grösse der Poren und Zwischenräume in verschiedenen Sandsteinen und berechnet, dass Gemische von der Zusammensetzung der Almadéner Erze herauskommen, wenn jene Zwischenräume einfach mit Zinner wieder ausgefüllt würden.

Auch in den Erzgängen, in denen Zinner- und Quarzkrystalle zusammen vorkommen, hat keine Substitution von Quarz durch das Erz stattgefunden; vielmehr lässt sich nachweisen, dass die beiden Mineralien gleichzeitig aus denselben Lösungen nebeneinander auskrystallisiert sind.

Ref.: W. Muthmann.

## 22. F. Chaves (in Sevilla): Beiträge zur Kenntniss der Mineralien von Maro (Prov. Málaga) (Anal. de la Soc. Españ. de Hist. Nat. 1895, 24, 209).

Die Localität bietet besonderes Interesse, weil sie in dem Mittelpunkte einer Zone von metamorphosirten Gesteinen liegt, um weil man, nach der Sierra de Nerja und Cásulas sich bewegend, den Uebergang von Glimmer, Granat, Epidot u. s. w. zu Chistolith und Andalusit sehr schön verfolgen kann. Von Einzelheiten beschreibt der Verf.:

Pyrit. Ist sehr häufig, meist jedoch oberflächlich oder auch durchaus in Limonit verwandelt. Exemplare von 4—5 cm Seitenlänge sind nicht selten.

Quarz. Krystalle von  $3 \times 6$  cm Grösse sind nicht selten; fast immer Einschlüsse von Muscovit; die Flächen, besonders die Pyramiden, zeigen häufig schöne Aetzfiguren. Die Prismenflächen sind an manchen Exemplaren parallel den Nebenachsen gestreift und zeigen lamellaren Aufbau. Oft findet man auch deformirte Krystalle.

Eisenglanz. Ein bemerkenswerthes Vorkommen findet sich bei Río de la miel, blättrige Massen, alternirend mit Quarz und Epidot.

1) Bull. soc. géol. de France 1855, 43.

Manganoxyde. Nester von Pyrolusit und Psilomelan finden sich eingeschlossen in den Chiasolith-haltigen Gneissen.

Magnesit. Ein merkwürdiges Vorkommen entdeckte Verf. bei Cortijo de Puertas: knoten- und aderförmige Einlagerungen in einer 2 m dicken Schicht von plastischem Thon. Er glaubt, dass diese Gebilde durch Zersetzung von Tremolit entstanden sind.

Smithsonit ( $ZnCO_3$ ). Häufig in der Sierra de Nerja, wird von einer belgischen Gesellschaft ausgebeutet. Schöne, farblose bis gelbliche Krystalle mit sehr glänzenden Flächen sind häufig.

Dolomit. Bei Barranco de Maro fand Verf. Krystalle, die zum Theil mit Aragonit überzogen waren.

Malachit und Azurit. Meist in erdigen Massen, doch auch hier und da krystallisirt mit Quarz zusammen bei Barranco de los Carriles.

Baryt. Kommt in blätterigen Aggregaten im Gneiss von Barranco vor.

Andalusit. Findet sich massenhaft in den Gneissen der Contactzone.

Chiasolith. Ebenfalls häufig, besonders in mikroskopischen Krystallen im Gneiss von Tierras nuevas und Forre de Calaturro.

Ausserdem erwähnt der Verf. noch Funde von Epidot, Granat (Almandin), Sericit, Tremolit, Amphibol und Feldspath, mehr von petrographischem Interesse.

Ref.: W. Muthmann.

**23. A. H. Church** (in Cirencester): **Chemische Studien an einigen natürlichen Arseniaten und Phosphaten** (Min. Magaz. and Journ. of the Min. Soc. Nr. 49, April 1895, 11, 4—12; read June 19th 1894).

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Bindung des Wassers zugewandt.

1. Euchroit von Libethen. Dichte 3,42.

$As_2O_5$	$P_2O_5$	$CuO$	$H_2O$	Unbestimmt:	Summe:
30,90	1,48	47,26	19,28	1,08	100,00

Wasserverlust im Vacuum 1,22 0/0, bei 100° C. 1,90 0/0, Rothgluth 16,16 0/0; Verf. vermuthet deshalb:  $3CuO.As_2O_5.6H_2O + CuO.H_2O$ .

2. Lirokonit von Cornwall. Dichte 2,97.

$As_2O_5$	$P_2O_5$	$CuO$	$H_2O$ im Vac.:	$H_2O$ bei 100° C.:	Summe:
23,85	1,02	36,73	6,40	9,85	[77,85]

Es fehlen  $5H_2O$  und  $Al_2O_3$ . —  $4CuO.Al_2O_3.As_2O_5.5H_2O + 5H_2O + 3H_2O$ .

3. Klinoklas. Im Vacuum und bei 100° C. Verlust 0,08 0/0.

$As_2O_5$	$P_2O_5$	$CuO$	$H_2O$	Summe:
30,08	Spur	62,72	[7,20]	100,00

4. Tirolit. Von Neuem untersucht das schon 1873 (Chem. Soc. 27, 108) analysirte Material, das von Falkenstein und nicht von Libethen (wie damals angegeben) stammen soll. Zur Entscheidung der Frage, ob (wie Verf. schon früher meinte)  $CaCO_3$  zur Constitution gehöre oder als Beimengung vorhanden sei, wurde höchst fein gepulvertes Material in Wasser suspendirt, durch welches einige Stunden lang ein Kohlensäurestrom geleitet wurde. Im Filtrat fanden sich dann Arsensäure, Kupfer und Calcium, und zwar diese beiden im Verhältnisse von

5 : 4, wie in dem Mineral selbst. Der Verf. erblickt darin den Beweis, dass das Mineral als Ganzes in Lösung ging.

$As_2O_5$	$CuO$	$CaCO_3$	$H_2O$ im Vac.:	$H_2O$ bei $100^0$ C.:	$H_2O$ Rest:	Summe:
27,07	46,24	11,01	5,23	2,40	[8,05]	100,00
$Cu_3As_2O_8 \cdot 2H_2O + CaCO_3 + 2Cu(OH)_2 + 4H_2O.$						

5. Pharmakolith, gut krystallisirt, verliert im Vacuum  $12,37\frac{0}{10} = 3H_2O$ , und weiter zwischen  $100^0$  und  $200^0$  C.  $3,11\frac{0}{10} = 1H_2O$ . Wenn der normale Pharmakolith als  $2CaO \cdot H_2O \cdot As_2O_5 \cdot 5aq$  geschrieben wird, enthält er also nach dem Trocknen im Vacuum noch 2 aq und bei  $200^0$  nur noch 1 aq.

6. Kakoxen von Hrbek bei St. Benigna in Böhmen; tief goldfarbige Krystalle.

$P_2O_5$	$Fe_2O_3$	$H_2O$ im Vac.:	Glühverlust:	Summe:
49,76	48,57	18,69	13,11	100,13

Vom Wasser gehen also  $\frac{7}{12}$  leichter fort als die übrigen  $\frac{5}{12}$ , resp. 30 von 51 Mol. Der Verf. vermuthet die Beimengung von Eisenhydroxyd ( $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$  oder  $Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) und construirt deshalb aus der der Analyse ungefähr entsprechenden Formel  $9Fe_2O_3 \cdot 4P_2O_5 \cdot 51H_2O$  für den Kakoxen die Zusammensetzung:  $(Fe_2O_3 \cdot P_2O_5 \cdot 3H_2O + Fe_2O_3 \cdot 2H_2O) + 7H_2O$ .

7. Kühnit (Berzeliit). Analyse an unreinem Material.

Ref.: C. Hintze.

**24. Derselbe: Ein basisches Ferrisulfat vom Parys Mount, Anglesey** (ebenda Nr. 49, April 1895, 11, 13—14; read Nov. 20th 1894).

Eine orangefarbige, ockerige Substanz ergab (I., II.):

	$SO_3$	$Fe_2O_3$	$H_2O$ bei $100^0$ :	beim Glühen:	$SiO_2$	$Al_2O_3, CaO$
I.	13,44	57,85	13,51	12,85	2,14	[0,21]
II.	13,74	59,12		26,94		(ohne $SiO_2$ etc.)
Theor.	14,70	58,83		26,47		

während die theor. Zahlen der Formel  $2Fe_2O_3 \cdot SO_3 \cdot 8H_2O$  entsprechen, gedeutet als  $Fe_4H_4 \cdot O_5SO_4[OH]_{4.4} aq$ . — Für das blosse Auge ganz undurchsichtig, erscheint das Pulver unter dem Mikroskop durchsichtig bis durchscheinend, krystallinisch, optisch isotrop.

Ref.: C. Hintze.

**25. P. Dudgeon** (in Cargen, Dumfries): **Vorkommen von Arsenkies in der Stewartry Kirkcudbright** (ebenda Nr. 49, April 1895, 11, 15; read June 19th 1894).

Sechs Meilen nördlich von Newton Stewart, südlich vom Murray-Denkmal, gangförmig am Contact von Granit und Silurgestein, gegen zwei Meilen weit verfolgt, den Palnure-Bach durchkreuzend, hier 7 Zoll mächtig reiner Arsenkies, an anderer Stelle mit Kupferkies. Bisher in Schottland sehr selten und zweifelhaft.

Ref.: C. Hintze.

**26. G. T. Prior und L. J. Spencer** (in London): **Ueber Angelith** (ebenda Nr. 49, April 1895, 11, 16—23; read November 20th 1894).

Das von Blomstrand (Öfv. Ak.-För. Stockh. 1868, 25, 199) aufgestellte



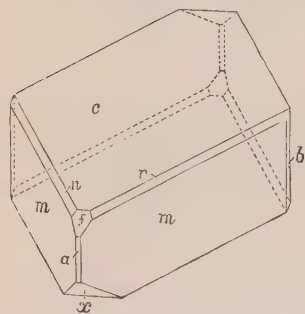
Mineral war bisher nur in derben, deutlich nach drei Richtungen spaltbaren blassrothen, stark perlmutterglänzenden Massen von Westanã in Schweden bekannt gewesen. Die Verff. fanden 3—4 oder höchstens 6,5 mm grosse Krystalle zusammen mit Bournonit und oktaëdrischem Pyrit von Machacamarca in Bolivia<sup>1)</sup>.

Monosymmetrisch.  $a : b : c = 1,6449 : 1 : 1,2708$ ;  $\beta = 67^{\circ} 33\frac{1}{2}'$ .

Beobachtete Formen:  $c\{001\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $x\{\bar{1}01\}$ ,  $f\{101\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $n\{112\}$ ,  $r\{011\}$ ,  $o\{\bar{1}12\}$ ; zweifelhaft  $\{225\}$ ,  $\{334\}$ ,  $\{223\}$ ,  $\{665\}$ ,  $\{221\}$ ,  $\{530\}$ ,  $\{310\}$ , sowie andere undeutliche Reflexe in den Zonen  $cm$ ,  $nm$ ,  $xm$ ,  $ca$ .

	Berechnet:	Beobachtet:	Grenzwerte:	Zahl der Messungen:
$ac = (100):(001)$	$= 67^{\circ} 33\frac{1}{2}'$	$67^{\circ} 34'$	$67^{\circ} 24' - 67^{\circ} 39'$	3
$af = (100):(101)$	38 39	38 37	38 34 — 38 43 $\frac{1}{2}$	2
$cf = (001):(101)$	28 54 $\frac{1}{2}$	28 43	28 30 $\frac{1}{2}$ — 28 54	7
$c\alpha = (001):(\bar{1}01)$	45 26 $\frac{1}{2}$	45 22	44 36 — 46 4 $\frac{1}{2}$	24
$xm = (10\bar{1}):(110)$	77 35 $\frac{1}{2}$	77 40	77 29 — 78 6	19
$cn = (001):(112)$	34 7 $\frac{1}{2}$	34 9	30 44 $\frac{1}{2}$ — 34 49	9
$mc = (110):(001)$	—	*77 52 $\frac{1}{2}$	77 46 — 77 59	20
$mm = (110):(\bar{1}\bar{1}0)$	—	*66 46	66 28 — 67 7	32
$fm = (101):(110)$	—	*64 33	64 27 — 64 38	12
$fn = (101):(112)$	28 26	28 24 $\frac{3}{4}$	28 13 — 28 30 $\frac{1}{2}$	2
$fr = (101):(111)$	55 25 $\frac{1}{2}$	55 13	55 $^{\circ} 13'$	1
$an = (100):(112)$	54 53	54 55	54 $^{\circ} 36\frac{1}{2}'$ — 55 $^{\circ} 8\frac{1}{2}'$	4
$co = (001):(\bar{1}12)$	39 44 $\frac{1}{2}$	39 9 $\frac{1}{2}$	39 $^{\circ} 9\frac{1}{2}'$	2

Der Habitus der Krystalle gewöhnlich der beistehenden Figur entsprechend; auch dünntafelig nach einer  $m$ -Fläche, oder säulenförmig nach  $m$  mit etwa gleicher Ausdehnung von  $c$  und  $x$ . Flächenbeschaffenheit:  $c$  glatt, oder gestreift nach den Kanten mit  $x$  und  $m$ , oder  $c$  durch Vicinalflächen der Zonen  $c\alpha$  und  $cm$  vertreten;  $x$  gewöhnlich rauh, gestreift nach den Kanten mit  $c$  und  $m$ , selten glatt;  $m$  glatt und glänzend, gestreift vertical oder zuweilen nach Kante  $mc$ ;  $f$  klein und glänzend;  $n$  sehr klein. Natürliche oder durch warme Salzsäure hervorbrachte Aetzfiguren entsprechen der Monosymmetrie.



Farblos bis weiss; Strich weiss. Durchsichtig bis durchscheinend. Glasglanz, etwas perlmuttartig auf Spaltungsflächen. Spaltbar vollkommen

nach  $m$ ; nach  $x$  weniger, doch deutlich; Bruch uneben. Härte über 4, bis 5. Spröde. Dichte 2,696 bei 22 $^{\circ}$  C. Mikroskopische Flüssigkeitseinschlüsse bei 54 $^{\circ}$  C. unverändert; also wohl von Wasser oder einer wässerigen Lösung. Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene; die erste, positive Mittellinie bildet mit der Verticalen im spitzen Winkel  $ac(\beta)$  etwa 34 $^{\circ}$ ; optische Auslöschung auf  $m$  unter 25 $^{\circ}$  zur Verticalen. Für  $Na$ -Licht  $2E = 84^{\circ} 42'$ ,  $2H_a = 54^{\circ} 29'$ ,  $2H_o = 132^{\circ} 12'$ ,  $2V = 50^{\circ} 49'$  ( $2H$  in Anisöl von  $n = 1,5569$ ); Dispersion der

4) Es wird bemerkt, dass wenigstens drei Machacamarca in Bolivia existiren, zwei in Oruro und eines in Potosi.

Axen nicht wahrgenommen;  $\alpha = 1,5736$ ,  $\beta = 1,5759$ ,  $\gamma = 1,5877^1$ ) (hieraus  $2V = 47^\circ 56'$ ). Veränderung der Axenapertur durch Temperaturerhöhung kaum wahrnehmbar.

Vor dem Löthrohre unschmelzbar, undurchsichtig werdend. Im Kölbchen viel Wasser gebend. Fein gepulvert langsam in heisser concentrirter Salzsäure löslich. Analysen unter I. und II., unter III. die Blomstrand's, unter IV. die der Formel  $2Al_2O_3 \cdot P_2O_5 \cdot 3H_2O$  oder  $AlPO_4 \cdot Al[OH]_3$  entsprechenden Zahlen:

	I.	II.	III.	IV.
$P_2O_5$	34,60	35,33	35,04	35,50
$Al_2O_3$	51,40	50,28	49,15	51,00
$CaO$	0,11	0,90	1,09	—
$H_2O$	13,77	13,93	12,85	13,50
	99,88	100,44	99,33 <sup>2)</sup>	100,00

Die Identität des bolivischen und schwedischen Minerals wurde auch durch Prüfung von Blomstrand's Originalmaterial erwiesen; die drei Spaltungsrichtungen an letzterem entsprechen  $nm\alpha$ ,  $mm = 66^\circ 52'$ ,  $m\alpha = 77^\circ 33'$ ; auch das optische Verhalten von Spaltungsblättchen ist übereinstimmend.

Ausser dem Augelith wurden an Stufen von Machacamamarca noch beobachtet: Bournonit, ausgehöhlte Krystalle mit  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $e\{210\}$ ,  $n\{011\}$ ,  $o\{101\}$ ,  $u\{112\}$ ,  $y\{111\}$  und  $\Omega\{114\}$ ; Pyrit, Oktaëder, auch mit  $\{211\}$  und  $\{221\}$ , oder herrschend  $\{322\}$  mit kleinem  $\{111\}$ ; Zinckenit, nadelige Krystalle; Arsenkies, sehr kleine Prismen mit sehr flachen Pyramiden und der Basis genähertem Brachydoma; kleine Quarzkrystalle auf dem quarzigen Muttergestein; Chalcodon; Bleiniere, pseudomorph nach Zinckenit; Kupfervitriol, als Zersetzungsproduct von Bournonit; Melanconit, dünne Lage über Bournonit; Anglesit, dünne Schichten auf Bournonit und in Höhlungen desselben; Sphalerit, rauhe unregelmässige schwarze Krystalle; Chalkopyrit, derb.

Ref.: C. Hintze.

**27. T. G. Bonney** (in London): **Notiz über conische Structur** (Min. Magaz. Nr. 49, April 1895, **11**, 24—27; read November 20th, 1894).

Im Anschlusse<sup>3)</sup> an die (in dieser Zeitschr. **25**, 296 referirte) Arbeit von Cole hebt Verf. hervor, dass schachtelförmige Kegelstructur ihre Entstehung in Sedimentärgesteinen einer analogen Tendenz verdankt, wie die Sphärolithenbildung in Eruptivgesteinen. Bei einem Kalkstein, resp. Kalkspath (oder Ankerit) aus dem oberen Wealden von der Sandown Bay auf der Insel Wight dienten besonders Bivalvenreste als »points d'appui« für die Kegelspitzen der divergirenden Krystalltheile.

Ref.: C. Hintze.

**28. F. Heddle** (in St. Andrews) und **Stuart Thomson** (in Uphall bei Edinburgh): **Ueber das Vorkommen von Delessit in Cantyre in Schottland** (ebenda Nr. 49, April 1895, **11**, 28—29; read November 20th, 1894).

In einem dichten, wenig veränderten Dolerit im Knockscalbert-Steinbruche dunkelgrüne Schuppen und Lagen mit Rutschflächen; Strich dunkelsaftgrün; mit

1)  $\alpha$  und  $\gamma$  an einem Prisma bestimmt,  $\beta$  aus  $2H$  und  $n$  des Oels.

2) Incl.  $Fe_2O_3$  0,89 und  $MnO$  0,34.

3) Auch Angabe anderer hierher gehöriger Literatur.

dem Nagel ritzbar; Dichte 2,578 — 2,638, Mittel 2,608. Vom Wasser gehen 7,29<sup>0</sup>/<sub>100</sub> bei 100<sup>0</sup> C. fort.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	H <sub>2</sub> O	Summe:
I.	34,69	5,48	10,82	18,71	2,49	12,21	15,19	99,59
II.	34,37		36,88		2,16	12,00	?	?

Ref.: C. Hintze.

**29. J. W. Judd** (in London): Ueber die Structurflächen des Korunds (Min. Magaz. Nr. 50, September 1895, 11, 49—55; read April 10th, 1894).

Ganz frische Krystalle haben einen ganz dem des Quarzes ähnlichen Bruch, zuweilen sehr schön muschelig. Als Absonderungsflächen<sup>1)</sup> fungiren:

1) Die Basis {0001}; oft von einem Perlmutterglanze, der merklich verschiedenen ist vom Glas- oder Diamantglanze der eigentlichen Krystallflächen; zuweilen erscheint eine basische Absonderungsfläche halbmatalisch glänzend, und dann zuweilen mit Schillerphänomen.

2) Die Rhomboëderflächen<sup>2)</sup> {10 $\bar{1}$ 1}. Sehr zersetzte Krystalle, wie sie in den östlichen Vereinigten Staaten von Nordamerika vorkommen, lassen sich in einer Presse analog behandeln, wie Kalkspath beim Baumhauer'schen Versuche. Auch der Verf. fand, wie schon besonders Mügge (N. Jahrb. 1884, 1, 220; ref. in dieser Zeitschr. 10, 297) hervorhob, die Lage der rhomboëdrischen Absonderungsflächen etwas variabel.

3) Die Flächen des zweiten Prismas<sup>3)</sup> {11 $\bar{2}$ 0}; gewöhnlich nur im Dünnschliffe zu beobachten, kaum als wirkliche Bruchflächen. Besonders deutlich an den concentrisch gewachsenen Krystallen von den Chantabun Hills in Siam und angeblich aus Thibet stammenden.

4) Seltener Absonderungsflächen rechtwinkelig zu den Prismenflächen, wahrscheinlich durch Zwillings-(resp. Drillings-)Verwachsungen hervorgebracht.

Nach den (besonders mikroskopischen) Beobachtungen des Verf. sind die Flächen der Basis und des zweiten Prismas normale Lösungsflächen; die Rhomboëderflächen sind Gleitflächen, die entwickelt zu secundären Lösungsflächen werden. Die selteneren unter 4) angedeuteten Absonderungsflächen verdanken ihre Entstehung anscheinend auch chemischen Veränderungen.

Ref.: C. Hintze.

**30. J. W. Judd** (in London): Ueber einige derbe Mineralvorkommen aus Indien und Australien (ebenda Nr. 50, September 1895, 11, 56—63; read February 5th, 1895).

Die Vorkommen haben den Charakter einfacher Gesteine.

1) Korundgestein. Auf einem kleinen Hügel zwischen Pipra und Kádopání östlich vom Flusse Rehr in South Rewah bis zu 90 Fuss mächtig eine schöne

1) In früherer Zeit allgemein als Spaltungsflächen angesehen, obschon Graf Bournon (Phil. Transact. 1802, 92, 266) darauf hingewiesen hatte, dass Spaltbarkeit beim Korund nicht immer gleichmässig zu beobachten sei. Mit Bestimmtheit hob zuerst M. Bauer (Zeitschr. d. geol. Ges. 1874, 26, 186) hervor, dass alle Theilbarkeit am Korund von gewöhnlicher Spaltbarkeit verschieden sei.

2) Tschermak (Min. Mitth. N. F. 1878, 1, 364) beobachtete ungleiche Vollkommenheit der einen gegenüber den anderen beiden Rhomboëderflächen.

3) Zuerst von A. von Lasaulx (in dieser Zeitschr. 10, 354, 353, 364) angegeben.

purpurrothe Korundmasse, Dichte 3,84—3,88, mikroskopisch aus Körnern und säuligen Krystallen zusammengesetzt; stark pleochroïtische Partien besitzen gleiche Brechung und Doppelbrechung, wie nahezu farblose; auch ist eventuell dasselbe Prisma verschieden gefärbt. In der dunkelrothen Varietät  $\omega$  tief purpurfarben,  $\varepsilon$  schwach gelb; in einzelnen Sapphirkörnern  $\omega$  blau,  $\varepsilon$  blass strohgelb. Die tiefgefärbten Krystallpartien löschen einheitlich aus, das Gestein hat »mikro-poikilitische« Structur. — Ein anderes graues Korundgestein zu Hunsúr Talúg im Staat Mysore; zusammengesetzt aus grösseren Krystallen als das von Pipra; Dichte 3,63; mikroskopisch zeigen die beinahe farblosen Körner zahlreiche schwarze Einschlüsse eingelagert nach den Zwillingsgleitflächen des Rhomboëders. Ein weiteres Vorkommen bei Upinangadi im South-Kanara-Districte. Mit der korundführenden Zone sind verschiedene Hornblendegesteine verbunden, besonders granulitische Hornblende-Feldspathgesteine und schmalere Zonen von Amphibolit.

2) Fibrolithgestein. Dunkelgrau; gefunden mit dem Korundgestein im Staat Mysore. Die Grösse der Fibrolithprismen schwankt zwischen mikroskopischen Dimensionen und 1—2 cm Länge bei 2—3 mm Dicke. Dichte 3,05.

3) Turmalin gestein. In Bruchstücken im Kolar-Goldfelde im Staat Mysore, andererseits bis hinein in die Districte North-Arcot und Salem in Madras gefunden. Anstehend wurde das Gestein im Kolar-Districte nicht gefunden (nur mit Turmalin erfüllte Quarzadern, so bei der Nandydroog-Mine), wohl aber zu Chota Nagpur, sowie in Rollstücken am Barry's Bill in den Bengal-Goldminen im nördlichen Indien. Alle diese Vorkommen ziemlich gleichartig; schwarz, faserig, sammetglänzend oder matt im Bruche; Dichte 3,02—3,11 (Bosworth Smith). Mikroskopisch aus nadeligen Krystallen bestehend, mit deutlichem Pleochroïsmus und starker Absorption,  $\omega$  schwärzlichbraun,  $\varepsilon$  bläulichgrau; die Kryställchen in den matten Partien erreichen bis zu 0,1—0,2 mm Durchmesser, während die mehr glänzenden Partien erst bei stärkster Vergrösserung sich individualisiren lassen; beide Varietäten wechseln im Gestein wie die verschiedenen Partien gebänderter Lava. Die Analyse unter Leitung von Chapman ergab:

$Si_2O$	35,94
$Al_2O_3$	34,22
$FeO$	9,23
$CaO$	4,66
$MgO$	5,53
$Na_2O$	3,96
$H_2O$	3,55
$B_2O_3$	9,08
	<hr/>
	100,47

Lithium wurde spektroskopisch im Rückstande der Alkalien gefunden, dagegen keine Spur  $Fl$ ,  $P_2O_5$ ,  $Mn$ ,  $K$ ,  $Ti$ .

4) Granat-(Grossular?)-Gestein. Gangartig im Serpentin der südöstlichen Seite des Bingera Valley, zwischen dem Bingera River und dem Barricks Creek in New South Wales. Dunkelgrün, körnig; Dichte 3,31. Mikroskopisch aus blassgrünen, vollkommen isotropen Krystallen zusammengesetzt; mit kelyphitähnlichen Zersetzungsproducten. Zuweilen Gold und Chrysokolla enthaltend.

5) Picotitgestein. Auch von Bingera, gangartig in Serpentin. Sehr dicht, schwarz; Dichte 3,90. Mikroskopisch die Charaktere eines isotropen, dunkel



kaffeebraun durchsichtigen Chromspinells aufweisend. Stellenweise in der Spinellmasse etwas Serpentin.

Ref.: C. Hintze.

**31. Earl of Berkeley** (auf Heath bei Abingdon): **Ueber eine genaue Methode zur Dichtebestimmung fester Körper** (Min. Magaz. Nr. 50, September 1895, 11, 64—68; read February 5th, 1895).

Verf. liess sich von der Firma Geissler in Bonn ein cylindrisches oder noch besser ein conisches Pyknometer construiren, mit einem Thermometerstopfen von solcher Länge, dass an der zwischen  $10^0$ — $20^0$  C. in Zehntelgrade getheilten Scala noch bis zu  $0,01^0$  geschätzt werden kann, und mit einer auf etwa 12 ccm reducirten Capacität. Nach einer Normalvergleichung des Thermometers wird das Pyknometer gegen ein anderes möglichst gleiches abgewogen, das während der ganzen Beobachtung als Gegengewicht beibehalten wird. Die Capacität wird bei verschiedenen Temperaturen bestimmt, unter Füllung mit Luft und kohlen-säurefreiem Wasser, und Ablesung der Wassertemperatur im Augenblicke der Wägung; und zwar wurden zwei Wägungsreihen bei verschiedenen Temperaturen angestellt, indem bei der einen das Pyknometer mit wärmerem Wasser bis über die Marke, bei der anderen mit kälterem Wasser bis unter die Marke gefüllt wurde, und in allen Fällen zur Ablesung die durch Contraction oder Expansion erfolgte Erreichung der Marke abgewartet wurde; bei der Mittelziehung wurden alle Beobachtungen eliminiert, bei denen der Ausgleich zu rapid, d. h. in weniger als einer halben Stunde stattfand. In Wasser lösliche Salze werden am besten in Chlorkohlenstoff  $CCl_4$  gewogen, dessen relative Dichte vorher auch bei verschiedenen Temperaturen zu ermitteln ist, durch Füllung des Pyknometers bis oberhalb der Marke und Verdampfenlassen bis zur Marke.

Ref.: C. Hintze.

**32. L. J. Spencer** (in London): **Enargit** (ebenda Nr. 50, September 1895, 11, 69—79; read April 2nd, 1895).

Nach einer Literaturzusammenstellung giebt der Verf. die folgende Formentabelle, in der die neuen mit \* bezeichnet sind:

$a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $*y\{610\}$ ,  $r\{310\}$ ,  $*f\{520\}$ ,  $d\{210\}$ ,  $x\{320\}$ ,  
 $*i\{540\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $*N\{230\}$ ,  $h\{120\}$ ,  $l\{130\}$ ;  
 $*t\{108\}$ ,  $*A\{207\}$ ,  $\lambda\{103\}$ ,  $n\{102\}$ ,  $*w\{709\}$ ,  $k\{101\}$ ,  $c\{403\}$ ,  $\mu\{201\}$ ,  
 $*u\{301\}$ ,  $*B\{601\}$ ;

$E\{012\}$ ,  $s\{011\}$ ,  $*K\{054\}$ ,  $\mathcal{J}\{051\}$ ;

$q\{115\}$ ,  $p\{112\}$ ,  $o\{111\}$ ,  $L\{132\}$ ,  $z\{134\}$ ;

davon zweifelhaft  $*y\{610\}$  und  $*B\{601\}$ , die nur mit dem  $\delta$ -Ocular des Fuess-Goniometers beobachtet wurden. Gefunden wurden:  $y\{610\}$  an Krystallen von Famatina,  $f\{520\}$  von Willis Gulch in Colorado,  $i\{540\}$  Luzon und Colorado,  $N\{230\}$  Silvertown und Willis Gulch in Colorado,  $t\{108\}$  Famatina,  $A\{207\}$  Famatina und Luzon,  $w\{709\}$  Pará in Ungarn,  $u\{301\}$  Famatina,  $B\{601\}$  Famatina,  $K\{054\}$  Willis Gulch. Die berechneten Werthe beziehen sich auf das aus  $mm = 82^0 0\frac{1}{2}' 1$  und  $ck = 43^0 42' 2$  hergeleitete Axenverhältniss  $a : b : c = 0,8694 : 1 : 0,8308$ .

1) Mittel aus 26 besten Messungen ( $81^0 17' - 82^0 34'$ ) an Krystallflächen; Mittel aus 11 besten Messungen ( $81^0 46' - 82^0 16'$ ) an Spaltungsflächen  $82^0 0'$ ; aus allen 123 Messungen ( $80^0 32' - 82^0 39\frac{1}{2}'$ )  $82^0 1'$ . Die Messungen an Krystallen verschiedener Fundorte sind nicht getrennt behandelt worden.

2) Gute Messung, Mittel aus 11 Beobachtungen ( $42^0 55' - 44^0 19'$ ).

	Berechnet:	Beobachtet:	Grenzwerte:	Zahl der Mess.:
$a(100) : y(640) = 8^0 14 \frac{1}{2}'$		$8^0 38'$	—	—
$f(520)$	19 41	19 $4 \frac{1}{2}$	$18^0 56' - 19^0 47'$	5
$i(540)$	34 49	34 22	$34 17' - 34 \frac{1}{2}$	2
$N(230)$	52 34	52 28	$51 0 - 54 \frac{3}{4}$	4
$c(001) : t(408)$	6 49	6 42	$6 38 - 6 46$	2
$A(207)$	15 $16 \frac{1}{4}$	14 58	—	—
$w(709)$	36 38	36 18	$36 0 \frac{1}{2} - 36 25$	2
$u(304)$	70 46	71 12	$70 46 - 71 44$	3
$B(604)$	80 $6 \frac{1}{2}$	80 1	—	—
$K(054)$	46 5	45 47	—	—

Die Messungen an Durchkreuzungszwillingen sprechen entschieden mehr für  $\alpha\{320\}$  als Zwillingssebene, als wie für  $h\{120\}$ ; als Krystallfläche ist  $\alpha$  nur sehr zweifelhaft beobachtet. Auf einem Krystalle von Famatina sass eine kleine Baryt-  
tafel auf  $\{100\}$  des Enargits, so dass die Basis- und die Prismenfläche beider Mineralien parallel erschienen.

Nach den Beobachtungen an einem Stücke »Clarit von Schapbach«, das vollkommen Sandberger's (N. Jahrb. 1874, 960; 1875, 382) Beschreibung entspricht, hält der Verf. dessen Identität mit Enargit für höchst wahrscheinlich; Mittel von 10 Messungen ( $81^0 10' - 82^0 45'$ ) an Spaltungsflächen  $82^0 0'$ ; auch Zwillingungsverwachsung an Spaltungsfragmenten analog der am Enargit. Dagegen wurde an Lautit von Marienberg keinerlei Uebereinstimmung mit Enargit gefunden; obschon die Spaltungsverhältnisse sich goniometrisch nicht genau feststellen liessen, ist der Lautit doch anscheinend ein selbstständiges homogenes Mineral<sup>1)</sup>. Der Luzonit könnte nach Ansicht des Verf. eine derbe Form des regulären Binnits sein, chemisch dem Enargit gleich.

Schliesslich giebt Verf. ein (bisher noch nicht zusammengestelltes) Verzeichniss der Enargitfundorte:

Sachsen. Junge hohe Birke bei Freiberg (Breithaupt, Pogg. Ann. 1850, 80, 386); zweifelhaft und nicht bestätigt. — Baden. »Clarit« von der Grube Clara bei Schapbach. — Schlesien. Kupferberg (Fiedler<sup>2)</sup>, Min. Schles. 1863, 24), zweifelhaft.

Tirol. Matzenköpfl bei Brixlegg. — Ungarn. Gabe-Gottes- und Katharina-Grube bei Pará; Reesk.

Philippinen. Auf Luzon bei Mancayan im District Lepanto.

Colorado. In Gilpin Co. auf Gruben bei Black Hawk (Willis Gulch) und Central City; Russel Gulch, besonders Power's Mine. In Rio Grande Co. auf Ida Mine, Summit District. In San Juan Co. auf National Bell Mine, Red Mountain; Silverton. In Park Co. auf Missouri Mine. — Utah. In Juab Co. im Tintic District auf Copperopolis Mine (American Eagle Mine) und Mammoth Mine. In Millard Co. auf Shoebridge Mine und Dragon Mine. In Salt Lake Co. auf Emma Mine, Oxford und Geneva Mine. — Montana. In Silver Bow Co. auf mehreren Gruben bei Butte (Liquidator, Gagnon, Parrot, Colusa). In Lewis und Clarke

1) Weissbach (N. Jahrb. 1882, 2, 250) hatte den Lautit für ein Gemenge von Arsen mit einem Kupfersulfosalz erklärt.

2) »Auf dem sogenannten Zwischengänge bei Kupferberg bricht ein dem Enargit sehr ähnliches Fossil (Websky)«. Das Breslauer Museum besitzt gegenwärtig nichts von diesem zweifelhaften Enargit. Der Ref.

Co. bei Marysville. In Missoula Co. auf Bell und Stow Mine. — South Carolina. In Chersterfield Co. auf Brewer's Mine. — California. In Alpine Co. auf Morning Star Mine und Stella Mine. — Mexico. Milpillas (alias Minillas), Chihuahua.

Peru. Prov. Junin: Morococha, Tarma (San Francisco-Mine und Mine Señor de la Carcel; Cerro-de-Pasco. Cajamarca: Comotera-Mine, Cajabamba. — Columbia. Auf den Gruben von Santa Anna. — Chile. Prov. Coquimbo: Hediondas-Mine, Elqui (hier Field's Guayacanit, benannt nach der nahe gelegenen Hütte). Santiago: auf den Gruben von San-Pedro-Nolasco. Atacama: Cerro Blanco. Nach einer Etikette im British Museum auf »Mine de la Ung«. — Argentina. Prov. la Rioja: auf mehreren Gruben in der Sierra Mejicana, Sierra Famatina (wie Upulungos, Mejicana, Verdiona, Anduesa, San Pedro Alcántara, Compañía, Coquimbana u. a.). Catamarca: Capillitas. San Juan: Guachi.

New South Wales; nach Liversidge (Catal. of Min. in the Austral. Museum, Sydney 1885; Min. of N. S. Wales, London 1888, 62).

Ref.: C. Hintze.

**33. E. Hussak** (in S. Paulo, Brasilien) und **G. T. Prior** (in London): **Lewisit und Zirkelit, zwei neue brasilische Mineralien** (Min. Magaz. Nr. 50, September 1895, 11, 80—88; read June 18th, 1895).

1) Lewisit. Bei Ouro Preto in Minas Geraës findet sich Zinnober auf einem kleinen Hügel in kleinen Quarzadern in einem in Eisenglanz-Glimmerschiefer (Itabirit) übergehenden Thon-Glimmerschiefer, der von einem Gange von Diabasporphyrit durchsetzt wird; der Abhang des Hügels ist bedeckt mit einer Kieslage, die zahlreiche Zinnoberfragmente von Erbsen- bis Faustgrösse enthält; durch Waschen (Grube Tripuhy) erhält man aus dem Kies einen schweren Sand, der hauptsächlich Zinnober und Eisenglanz enthält, daneben aber auch diverse andere Mineralien (vergl. unten), sowie das neue zu Ehren von Lewis in Cambridge benannte.

Kleine, selten über 1 mm grosse reguläre Oktaëder; zuweilen Zwillinge nach (111). Honiggelb bis colophoniumbraun, Strich hell gelblichbraun; glas- bis harzglänzend; durchscheinend, optisch isotrop. Ziemlich vollkommen oktaëdrisch spaltbar; nicht spröde. Härte über 5. Dichte 4,950 bei 18° C. Einige Krystalle waren mikroskopisch erfüllt mit farblosen, doppeltbrechenden Körnern und Schuppen von Glimmer, auch gelben Nadelchen (Rutil) und isolirten Gasporen. Zuweilen mit einer dünnen, schwefelgelben, pulverigen Zersetzungskruste bedeckt. — In der Bunsenflamme ziemlich leicht an den Kanten schmelzbar unter grünlichblauer Färbung der Flamme. Die Phosphorsalzperle in der Reductionsflamme heiss (gelb, kalt) violett. Unlöslich in Säuren, zersetzt durch Schmelzen mit Natriumcarbonat; leicht reducirt, wenn in Wasserstoff zu gelinder Rothgluth erhitzt. Das Material von Analyse I. war bei 110° C. getrocknet, II. geglüht; unter III. die der Formel  $5CaO$ ,  $3Sb_2O_5$ ,  $3TiO_2 = 3(CaSb_2O_6) + 2(CaTiO_3)$  entsprechenden Zahlen.

	I.	II.	III.
$Sb_2O_5$	67,52	65,52	68,42
$TiO_2$	11,35	11,70	11,70
$CaO$	15,93	15,47	19,88
$FeO$	4,55	6,79	—
$MnO$	0,38	—	—
$Na_2O$	0,99	1,06	—
	100,72	100,54	100,00



Die Zusammensetzung kommt am nächsten der des Mauzeilit von Jakobsberg in Schweden (H. Sjögren, Geol. Fören. Förh. Stockh. 1895, 17, 343).

Zusammen mit Lewisit finden sich im Sande von Tripuhy:

Xenotim in 2—3 mm langen weingelben säuligen Krystallen  $\{110\} \{111\}$ , zuweilen mit  $\{331\} \{311\}$ ;  $(111) (\bar{1}\bar{1}1) = 82^\circ 12'$ . — Monazit reichlich in 1—2 mm langen Krystallen von zwei Typen; tafelig nach  $a\{100\}$  wie Turnerit, mit  $l\{210\}$ ,  $n\{120\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $v\{\bar{1}11\}$ ,  $u\{021\}$ ,  $e\{011\}$ ,  $r\{111\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $w\{101\}$ ,  $x\{\bar{1}01\}$  gelblichbraun, vollkommen durchsichtig, ohne Einschlüsse; oder prismatisch nach  $v\{\bar{1}11\}$ , wie die Krystalle von Alexander Co. in North Carolina, mit  $a\{100\}$ , auch  $w\{101\}$  oder  $x\{\bar{1}01\}$  und  $b\{010\}$ , schwefelgelb, reich an eingeschlossenen Magnetitkörnern. — Zirkon, selten in kleinen weissgelben Säulen. — Cyanit, reichlich in durchscheinenden farblosen bis dunkelgrauen papierdünnen Krystallen, nicht selten knieförmige Zwillinge nach  $\{\bar{1}\bar{2}1\}$ . — Turmalin, selten in mikroskopischen dunkelbraunen Krystallen. — Rutil, ziemlich häufig in 1—3 mm langen Krystallen, gewöhnlich tafelig nach einer Prismenfläche  $\{110\}$  mit zwei Flächen  $\{111\}$  von monosymmetrischem Habitus; auch mit  $\{100\}$ ,  $\{310\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{313\}$ ; Zwillinge nach  $\{101\}$  und  $\{301\}$ . — Eisenglanz, deutliche Krystalle  $\{0001\} \{10\bar{1}1\} \{22\bar{4}3\}$  und  $\{0001\} \{10\bar{1}0\} \{11\bar{2}0\}$ , mit polysynthetischer Zwillingstreifung nach  $\{10\bar{1}1\}$ . — Eisenkies, ziemlich reichlich in kleinen, immer in Brauneisenerz umgewandelten Krystallen  $\{210\} \{100\} \{111\}$ . — Magnetit, reichlich kleine Oktaëder, auch Martit. — Gold, selten in dünnen Schuppen. — Endlich ein neues Eisen-Titano-Antimoniat, das aus Mangel an Material noch nicht vollständig untersucht werden konnte. Dünne und sehr zerbrechliche, etwa 2 mm lange sechseckige, wohl rhombische, pechschwarze Prismen  $\{110\} \{100\}$ ,  $(110) : (\bar{1}\bar{1}0) = 88^\circ 4\frac{1}{2}'$ ; am Ende bisher nur die Basis beobachtet;  $\{110\}$  sehr glänzend,  $\{001\}$  gewölbt und rau; zuweilen Durchkreuzung unter  $60\frac{1}{2}^\circ$ , in Zwillingbildung nach einem Brachydoma. Ohne deutliche Spaltbarkeit, mit muscheligen Bruch. Dichte 4,529 bei  $22^\circ \text{C}$ . In dünnen Splintern dunkelbraun durchscheinend, optisch zweiaxig, mit starker Doppelbrechung; die Bröckeligkeit hinderte genauere Bestimmungen, so dass der rhombische Charakter nicht zweifellos feststeht. Enthält annähernd  $40\% \text{ FeO}$ ,  $17\% \text{ TiO}_2$  und Antimonoxyd.

Von den obigen Mineralien stammen wohl Xenotim, Monazit und Zirkon aus Granit (der aber in der Nachbarschaft vergeblich gesucht wurde), die übrigen zweifellos aus dem Thon-Glimmerschiefer, der Lewisit wahrscheinlich wie Zinnober und Gold aus den Quarzadern. Das Vorkommen von Antimoniaten neben Gold wurde bereits von J. C. da Costa Sena zu Sao Bartholomeu bei Ouro Preto, wenige Meilen von Tripuhy, beobachtet.

2) Zirkelit. Im zersetzten Magnetit-Pyroxenit von Jacupiranga, S. Paulo in Brasilien, mit Baddeleyit, Perowskit u. a. Schon ganz kurz erwähnt in Tschermak's Min. Mitth. N. F. 14, 408 (referirt in dieser Zeitschr. 27, 325; früher »Eisenspinell«). Reguläre Oktaëder, immer nach einer Fläche tafelig und nach dieser gestreift durch polysynthetische Zwillingbildung; auch einfache spinellartige Zwillinge und complicirte Vierlinge. Würfelflächen zeigen durch ihre Streifung die verwachsenen Oktaëder, und an den Ecken glänzende Oktaëderflächen. Ohne Spaltbarkeit; mit ausgezeichnet muscheligen Bruch. Harzglanz. Farbe schwarz; nur dünne Splitter dunkelbraun durchscheinend; Strich bräunlichschwarz. Optisch isotrop. Härte über 5. Dichte 4,708 bei  $18^\circ \text{C}$ . Magnetisch nur durch eingeschlossene Magnetitkörner. Bleibt im Kölbchen unverändert; vor



dem Löthrohre schwer an den Kanten schmelzbar. Unlöslich in Säuren; zersetzt durch Schmelzen mit Kaliumbisulfat. Die Analyse ergab:

$ZrO_2$	48,90
$TiO_2$	30,89
$FeO$	6,64
$CaO$	11,64
$MgO$	0,49
Glühverlust	1,02
	<hr/> 99,55

Ref.: C. Hintze.

**34. H. J. Johnston-Lavis** (in Neapel): Ueber Fluoride, Silicate und Oxyde, die bei niedrigen Temperaturen entstehen (Geological Magazine, London 1895, 2, 309).

Im »pipernoid tuff« der Campanischen Ebene wurde ein Knochen gefunden, der sich als eine Fibia erwies und einen Ueberzug von Augit (Formen: {110}, {010}, {100}, {111}), Hornblende (Formen: {110}, {010}, {100}, {001}, {111}) und zweiaxigem Glimmer (von P. Franco bestimmt) zeigte.

Nach Scacchi nahm dieser Knochen unter Erhitzung eine schwarze Farbe an und gab den Geruch von gebranntem Horn. Die erwähnten Mineralien krystallisirten daher bei einer Temperatur, welche nicht hoch genug war, um den Knochen zu entfärben. Die Analyse desselben ergab: Calciumorthophosphat 88,32% und Calciumfluorür 6,20%. Nach der Meinung des Verf. deuten diese Thatsachen eine Bildung durch die Einwirkung von Fluor (wahrscheinlich Fluorwasserstoffsäure) an. In dem Tuffe eingeschlossene Bruchstücke von Kalkstein erweisen sich als verändert und theilweise in Flussspath, zusammen mit Krystallen von Glimmer, Nocerin, Hornblende und Nephelin, umgewandelt. In anderen Knochen finden sich Nephelin oder Eisenglanz.

Allen diesen Mineralien schreibt der Verf. einen ähnlichen Ursprung zu.

Ref.: H. A. Miers.

**35. A. P. Hoskins** (in Belfast): Ueber die Zusammensetzung des Glaukonits. (Ebenda 347).

Analysen der Glaukonitkörner des »chloritischen Sandsteins« des oberen »Greensand« von Woodburn, Carrickfergus, Antrim, Irland, ergaben folgende Zusammensetzung:

$SiO_2$	40,00
$Al_2O_3$	13,00
$Fe_2O_3$	16,84
$FeO$	10,17
$CaO$	1,97
$MgO$	1,97
$K_2O$	8,21
$Na_2O$	2,16
$H_2O$	6,49
	<hr/> 100,48

Ref.: H. A. Miers.

**36. T. G. Bonney und Miss C. A. Raisin (in London): Ueber die Gesteine und Mineralien der Diamantgruben bei Kimberley (Ebenda, 496).**

Das Gestein wird beschrieben als eine Breccie, zusammengesetzt aus verschiedenen Gesteinen und Mineralien in einem Magma, bestehend aus einem serpentinähnlichen Mineral und einem Carbonat. Die Mineralien sind folgende: 1) Olivin; theilweise in Serpentin (auch in Aktinolith oder Tremolit umgewandelt). 2) Sahlit. 3) Glimmer; theilweise in Sahlit umgewandelt. 4) Granat. 5) Chromeisen. 6) Pseudobrookit?. 7) Rutil. 8) Perowskit.

Die Basis besteht aus a) Serpentin, b) braunem Glimmer von secundärem Ursprunge, c) farblosen Nadeln von einem unbekannten Mineral, d) Chlorit, e) Carbonat (Calcit bis Dolomit), f) Opal.

Die Gesteinsbruchstücke kann man als umgewandelten Serpentin (wahrscheinlich veränderten Peridotit) ansehen.

Andere Exemplare ergaben Körner von Ilmenit, Pyrit und Quarz. Die Verf. gelangen zu dem Schlusse, dass das diamantführende Gestein aus Mineralien bestehe, welche ihren Ursprung hatten aus zerstörten grobkörnigen Peridotiten, Pyroxeniten und Eklogiten. Die erwähnten Umwandlungsproducte deuten keine hohe Temperatur und keinen hohen Druck an. Aus allen diesen Thatsachen wird die Schlussfolgerung gezogen, dass der Diamant nicht in situ, sondern anderswo seinen Ursprung gehabt habe; dass die diamantführenden »Pfeifen« vulkanischen Ursprungs seien, und dass die Veränderungen durch erhitztes Wasser verursacht seien.

Ref.: H. A. Miers.

**37. J. S. Martin (in ?): Ueber Eisenglanz von Bovey Tracey (Transactions Manchester Geological Society 1895, 23, 462).**

Ein glimmerartiges Eisenerz, welches in Adern des Granits bei Lustleigh, Bovey Tracey, Devonshire vorkommt, wird jetzt für Farbenfabrikation verarbeitet.

Ref.: H. A. Miers.

**38. G. F. Kinahan (in Dublin): Ueber Aluminiumerze in Antrim (ebenda 465).** — Eine Art von Thon wird jetzt in Antrim gewonnen für die Aluminiumfabrikation (siehe auch dieselbe Zeitschr. 22, 458, 523, 525). Das Erz wird local als Bauxit bezeichnet; nach dem Verf. erhalten verschiedene Arten auch die Namen Alunit oder Bol. Analysen von Pattinson (in Newcastle), I. erste, II. zweite, III. dritte Qualität, ergaben:

	I.	II.	III.
$Al_2O_3$	49,80	51,53	45,74
$Fe_2O_3$	1,45	4,53	15,04
$CaO$	0,57	0,78	0,48
$MgO$	0,42	0,20	0,26
$K_2O$	0,04	0,02	0,04
$Na_2O$	—	0,06	0,24
$SiO_2$	8,02	11,89	10,31
$TiO_2$	5,37	6,44	4,16
$SO_3$	0,06	0,07	0,40
$P_2O_5$	Spur	Spur	Spur
Gebundenes Wasser	27,07	23,79	23,19
Feuchtigkeit	7,50	0,90	0,85
	99,97	99,94	100,08

Ref.: H. A. Miers.

**39. J. C. Bose** (in Calcutta): **Ueber die Polarisation von elektrischen Strahlen durch doppeltbrechende Krystalle** (Journal Asiatic Society Bengal, 64 (2), 291).

Unter Benutzung von elektrischen Strahlen von kurzer Wellenlänge gelangte der Verf. zu dem Nachweise eines Depolarisierungseffectes in verschiedenen Krystallen, ähnlich demjenigen, welchen diese auf Strahlen von polarisirtem Lichte ausüben.

Als Radiator wurde ein kleiner Ruhmkorff-Apparat benutzt, der oscillatorische Entladung zwischen zwei metallischen Kugeln von 4,5 cm Durchmesser erzeugte. Als Polarisator diente ein Gitter aus Kupferdrähten von 0,2 mm Durchmesser, in parallelen Geraden über zwei dünne Glimmerschichten gewunden; 25 Gerade auf jeden Centimeter. Als Analysator diente ein ähnlicher Apparat. Als Empfänger diente ein »Coherer«-Apparat mit voltaischer Zelle und Galvanometer. Eine Bewegung der Galvanometernadel entspricht einer Beleuchtung des Gesichtsfeldes.

Zwischen gekreuztem Polarisator und Analysator erwiesen sich grosse Krystalle von Beryll, Apatit, Turmalin, Doppelspath, Schwerspath und Mikroklin als doppeltbrechend, ausgenommen in den Stellungen, in denen ihre Hauptschnitte mit denjenigen des Polarisators und des Analysators zusammenfallen. Doppeltbrechend war auch ein Stück Nematit. Steinsalz zeigte keine Doppelbrechung. Der Turmalin lässt die beiden Strahlen durchgehen, aber wahrscheinlich mit verschiedenen Intensitäten.

Ref.: H. A. Miers.

**40. W. Barlow** (in London): **Ueber den Zusammenhang zwischen der morphologischen und der optischen Symmetrie in Krystallen** (Report British Association 1895, 647).

Verf. vermuthet, dass die Aetherbewegungen in einem Krystalle durch die materiellen Molekeln ebenso verzögert werden, wie diejenigen eines Menschenhaufens auf einem offenen Platze, auf welchem Pfosten nach parallelen Geraden geordnet und gleichmässig vertheilt stehen. Die Bewegungen des hin- und herwallenden Haufens werden nach einigen Richtungen stärker als nach anderen verzögert, besonders wenn die Pfosten von einem nicht kreisförmigen Durchschnitte und gleich orientirt sind. Da hierdurch bei veränderter Bewegungsrichtung eine jähe Veränderung des Widerstandes bedingt würde, ist aus der Thatsache, dass in den optischen Eigenschaften nur sehr allmähliche, regelmässige Veränderungen sich zeigen, Folgendes zu schliessen:

Wenn der Einfluss einer homogenen, molekularen Structur auf das Licht von der Anordnung des Molekularstoffes abhängt, so handelt es sich um einen Ausgleichungseffect; mit anderen Worten: die Geschwindigkeit eines Lichtstrahls nach einer gegebenen Richtung wird von dem Widerstande gegen die Aetherbewegung nicht nur nach einer einzigen Richtung, sondern nach allen oder fast allen Richtungen, aber ungleichmässig, bestimmt. Die Art der Ausgleichung hängt davon ab, dass die Geschwindigkeitsfläche, deren Radian die verschiedenen, den divergirenden Polarisationsrichtungen angehörenden Geschwindigkeiten darstellen, ein Ellipsoid ist. Wenn nun der Widerstand nach jeder Richtung zu dem allgemeinen Resultate gleichmässig beitrüge, so wäre die Geschwindigkeitsfläche eine Kugel; am nächsten der Sphäre kommt jedoch das Ellipsoid, die Figur, welche die vollständigste Ausgleichung der oben genannten jähen Veränderungen in dem Widerstande darstellt. Die Ausgleichung scheint darin zu bestehen, dass

die Widerstände, welche man in allen Richtungen zwischen weiten, dem gegebenen Lichtstrahle eigenen Grenzen der Winkelneigung findet, zu dem beobachteten Effecte fast in gleichem Maasse beitragen, denn nur auf diese Weise wird die Richtungsänderung eine gleichmässige Geschwindigkeitsänderung verursachen, welche gar keine Spur der oben genannten jähen Widerstandsänderungen zeigt.

Dagegen ist die Elasticitätsfläche von höherer Ordnung, weil hier die Ausgleichung nicht so gleichmässig und ausgedehnt ist.

Ref.: H. A. Miers.

**41. J. H. Hatch** (in Johannesburg): **Ueber die goldführenden Conglomerate am Witwatersrand, Transvaal** (Ebenda, 694).

Verf. beschreibt diese Conglomerate als herstammend von Quarzadern, die jedoch nicht die Ursprungslagerstätte des Metalles waren, weil dieses nur im Bindemittel und nicht in den Geröllen des Conglomerats gefunden wird. [Andere Beobachter haben es auch in den Geröllen gefunden. Ref.]

Ref.: H. A. Miers.

**42. D. A. Porter** (in Tamworth, Neu-Süd-Wales): **Mineralien und Minerallocalitäten in nördlichen Gebieten von Neu-Süd-Wales** (Journ. Roy. Soc. N. S. Wales, 1894, 28, 39).

Folgende Vorkommnisse werden erwähnt:

Turmalin, in Quarzadern, in Graniten und als Gesteinsmasse, bei Walangra, Inverell.

Granat (Almandin), am Bingara.

Spessartit in silberführenden Gängen, bei Broken Hill.

Hyalit, in Basalt, bei Cora, Warialda District und bei Elsinore.

Lepidomelan bei Torrington, Emmaville.

Chalcedon, in Basalt bei Boggabri.

Axinit, in metamorphischem Schiefer, bei Bingara.

Olivin, in Basalt bei Inverell.

Pleonast, bei Glen Innes.

Zoisit, am oberen Bingara.

Nantokit, im Hämatit der silberführenden Gänge von Broken Hill.

Dyskrasit, Consols Grube, Broken Hill.

Ref.: H. A. Miers.

**43. H. G. Smith** (in Sydney): **Almandin im „Hawkesbury“-Sandstein bei Sydney** (Ebenda, 47).

Diese Granate wurden im Conglomerat gefunden und besitzen eine vollkommene Spaltbarkeit nach dem Würfel.

Zusammensetzung:

$\text{SiO}_2$	38,704
$\text{Al}_2\text{O}_3$	24,795
$\text{FeO}_3$	2,168
$\text{FeO}$	27,750
$\text{MgO}$	9,725

Spur von Mn.

Ref.: H. A. Miers.



44. **A. Liversidge** (in Sydney): **Vorkommen von Gold in den „Hawkesbury“-Gesteinen bei Sydney** (Journ. Roy. Soc. N. S. Wales 1894, 28, 185).

Verf. fand kleine Mengen von Gold im Sandstein, im Schiefer und im Quarzit.

Ref.: H. A. Miers.

45. **Derselbe**: **Boleït, Nantokit, Kerargyrit und Cuprit von Broken Hill** (Ebenda, 94).

Boleït in Würfeln mit Oktaëder- und Dodekaëderflächen; 4 bis 7 mm im Durchmesser, in Eisenglanz und Quarz; spec. Gew. 5,02.

Zusammensetzung nach Analysen von A. D. Carmichael und J. O. Armstrong:

<i>Ag</i>	8,25
<i>Pb</i>	47,20
<i>Cu</i>	19,20
<i>Cl</i>	13,50

Eine Wasserbestimmung des Verf. ergab 6,39 0/0.

Nantokit: s. diese Zeitschr. 27, 108.

Kerargyrit: eine schöne Gruppe von Würfeln und Oktaëdern von der Proprietary-Grube.

Cuprit: grosse Würfel, bis 12 mm im Durchmesser, mit Nantokit in der South Silver-Grube.

Ref.: H. A. Miers.

46. **J. Park** (in Auckland): **Seltene Mineralien von Neu-Seeland** (Trans. New Zealand Institut 1894, 26, 365).

Cervantit auf Antimonglanz von Waikari, Bay of Islands District.

Senarmontit von derselben Localität.

Pyromorphit, Krystalle auf Quarz, von der Champion Grube, Tui Creek, Te Aroha.

Anglesit und Cerussit, von derselben Localität.

Genthit, als Gang in Tuff; Tapu.

Melanterit, in grossen Mengen; Kurunui Hill, Thames District.

Vivianit, erdig, in grossen Lagern gefunden beim Brunnenziehen bei Mercer.

Ref.: H. A. Miers.

47. **S. M. Losanitsch** (in Belgrad): **Milosin, Alexandrolith und Avalit** (Chemical News 1894, 69, 243. — Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2631).

Verf. findet im Milosin ein Gemenge von zwei Mineralien. Das erste ist blau und für dieses soll der Name Milosin gelten; für das andere, ein grünes Mineral, wird der Name Alexandrolith vorgeschlagen. Nach Verf. sind beide Zersetzungsproducte von Avalit. Analysen:

	I.	II.	III.
<i>SiO<sub>2</sub></i>	46,37	52,07	54,66
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	30,18	20,76	20,46
<i>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	9,75	13,74	10,88
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	0,91	2,22	1,18
<i>MgO</i>	Spur	Spur	2,06
<i>K<sub>2</sub>O</i>	Spur	Spur	4,61
<i>H<sub>2</sub>O</i>	13,76	10,88	5,66
	100,97	99,67	99,51

- I. Milosin  $5(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O) + Cr_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .  
 II. Alexandrolith  $2(Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O) + Cr_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O$ .  
 III. Avalit  $9(Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O) + 3(Cr_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O) + MgO \cdot 2K_2O \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O$ .  
 Ref.: H. A. Miers.

48. A. Liversidge (in Sydney): **Struktur von Goldklumpen** (Chemical News, 1894, 70, 199).

Goldklumpen, geschliffen und mittels Chlor geätzt, zeigen Figuren, ähnlich den Widmanstätten'schen Figuren, und Andeutungen von Oktaeder- und Würfelflächen. Wenn sie erhitzt werden, so bekommen sie Blasen und zerspringen mit plötzlichem Knall. Dies scheint verursacht zu sein durch eingeschlossenes Gas und nicht durch Quarzeinschlüsse.

Ref.: H. A. Miers.

49. T. Moore (in Noumea): **Die „Chokoladen“-Nickelerze von Neu-Caledonien** (Ebenda, 279).

Analysen des braunen, sogenannten Chokoladen-Nickels, der jetzt mehr als die grünen Silicate verarbeitet wird. I. ist dunkelbraun, II. ockergelb; auch solche von mittlerer Färbung wurden analysirt; alle sind Gemenge.

	I.	II.
$SiO_2$	33,70	26,18
$Cr_2O_3$	1,20	4,11
$Fe_2O_3$	19,09	25,17
$Al_2O_3$	1,40	—
$NiO$	31,28	27,61
$MgO$	3,22	6,47
$CaO$	0,63	0,18
$MnO$	0,20	0,23
$H_2O$	9,21	8,64
	99,93	98,59

Ref.: H. A. Miers.

50. E. F. Pitman (in Sydney): **Ueber zwei neue Mineralien der australischen Broken Hill Consols-Grube** (Journal Royal Society New South Wales 1895, 29, 48).

Zwei Zersetzungsproducte, die aus verwittertem Dyskrasit bzw. silberführendem Bleiglanz entstanden und ohne Zweifel Gemenge sind.

I. Geschmeidig graubraunes Mineral, begleitet von Stromeyerit, Bindheimit, Volgerit und Chessylit; zeigt Bandstructur. Spec. Gew. = 4,9. Zusammensetzung nach einer Analyse von J. C. H. Mingaye:

$Ag$	47,46
$Sb$	16,87
$CaO$	3,78
$MgO$	1,17
$Fe_2O_3$	2,11
$Cl$	13,69
$H_2O$	4,04

Mit Spuren von  $Cu$ ,  $Pb$ ,  $As$ ,  $Au$ .

Wahrscheinlich ein Gemenge von Chlorsilber mit Antimonaten.

II. Dunkelgrau, geschmeidig; pseudomorph nach Bleiglanz. Spec. Gew. = 6,38. Zusammensetzung nach J. C. H. Mingaye:

$Ag_2S$	ungefähr	77 $\frac{0}{0}$
$PbSO_4$	-	19,5

Mit Spuren von  $Cu_2S$ ,  $FeS_2$ ,  $PbS$ .

Ref.: H. A. Miers.

**51. A. Liversidge** (in Sydney): Ueber einige neusüdwälische u. a. Mineralien (Journal Royal Society New Wales 1895, 29, 346).

Antimonglanz von Queensland. Derb, enthaltend 3,41  $SiO_2$  und 2,63  $BaSO_4$ , als dünne Adern.

Apatit von Broken Hill Mines; graue Krystalle, die den Glanz und die Oberflächenbeschaffenheit von Pyromorphit besitzen, erwiesen sich als bleihaltiger Apatit.

Barklyit von Two Mile Flat, Mudgee. Die Gerölle, die man so genannt hat, sind von blassvioletter Farbe, besitzen eine Härte zwischen 8 und 9, das spec. Gew. 3,738 und die Zusammensetzung  $Al_2O_3$ ; also sind sie wahrscheinlich nur Rubin.

Chrysokoll von Broken Hill kommt in blauen und grünen Ueberzügen vor.

Beryll von Vegetable Creek, New England (1894 beschrieben), hat die Zusammensetzung

$SiO_2$	67,1
$Al_2O_3$	18,5
$BeO$	12,9
$Fe_2O_3$	0,6

Mit Spuren von  $CaO$ ; H. = 7,5; spec. Gew. = 2,80.

Krokoit von Dundas, Tasmania; schöne Krystalle, bisweilen bis einige Zoll lang, begleitet von Cerussit, Bleiglanz und anderen bleihaltigen Mineralien.

$PbO$	66,86
$Cr_2O_3$	30,99
$Fe_2O_3$	1,02

Fahlerz von Wiseman's Creek, via Brewongle, N. S. W., derb, enthält Gold und Silber.

Ilmenit von Cloncurry River, Queensland, hat die Zusammensetzung

$TiO_2$	49,85
$SiO_2$	1,01
$FeO$	35,70
$Fe_2O_3$	13,22

Zinkhaltiger Bleiglanz, von Broken Hill. Blaugraues Mineral mit Seidenglanz; derselbe rührt her von kleinen, parallel geordneten Würfeln, die früher für Clausthalit gehalten wurden; sie sind aber zinkhaltige Bleiglanzkrystalle, die auch Gold enthalten.

Kalkstein mit Stylolithenstructur, von Picton, N. S. W. (in Report Australasian Association, 1892, 328 beschrieben), enthält 68,20  $CaCO_3$ .

Molybdänglanz von Eleonora-Grube, Kingsgate, Glen Innes, N. S. W., in grossen Krystallen (beschrieben 1894), enthält

<i>Mo</i>	57,34
<i>S</i>	42,00
<i>Fe</i>	1,50

Proustit, von United Mine, Riverstree, kommt in mikroskopischen Krystallen auf einem silberführenden Gange vor.

Scheelit von Lady Hopetown-Grube, Glen Innes, N. S. W. Grobkrystallinisch, enthält neben Wasser auch  $\text{SiO}_2$  2,23,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1,52 und Spuren von *Mn*.

Zinnstein von Elsinore-Grube, Inverell, N. S. W. Grosse, dicke Pyramiden; sie gaben  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{WO}_3$  und einen Verlust von 1,3 0/0, der vielleicht von der Anwesenheit von seltenen Elementen herrührt.

Topas von Shoalhaven District; graue Prismen;  $H. = 7,5$ ; sp. Gew. = 3,56.

$\text{SiO}_2$	28,19
$\text{Al}_2\text{O}_3$	62,06
<i>F</i>	14,01
$\text{H}_2\text{O}$	1,21 (bei 100°)

Ref.: H. A. Miers.

**52. A. Liversidge** (in Sydney): **Gold und Silber im Seewasser** (Journal Royal Society New Wales 1895, 29, 335).

Beschreibung von Beobachtungen (nach den Methoden von Sonstadt) über den Gold- und Silbergehalt von Seewasser, mit Vergleichungsversuchen, um den wahrscheinlichen Verlust zu bestimmen. Verf. fand Gold und Silber im Meerwasser der Neusüdwälichen Küste, ungefähr 3 mg pro 100 kg. Im Trinkwasser von Sydney wurde kein Gold gefunden. In einer späteren Mittheilung (S. 350) beschreibt Verf. verschiedene Versuche mit »Muntzmetall«<sup>1)</sup>, welches sich während verschiedener Zeiträume im Meerwasser befand. In jedem Falle scheint der Silbergehalt desselben ab- und der Goldgehalt zuzunehmen.

Ref.: H. A. Miers.

**53. J. M. Curran** (in ?): **Selen associirt mit Gold und Wismuth** (Ebenda, 404).

Goldführender Schiefer von der Mount Allan-Grube, Mount Hope, N. S. W., enthält Selen und Wismuth.

Ref.: H. A. Miers.

**54. E. Hall** (in ?): **Ueber die Bildung von Malachit** (Ebenda, 416).

Aus der Untersuchung einer verlassenen Kupfergrube in der Nähe von Girilambone, N. S. W., worin faseriges schwefelsaures Kupfer und faseriger Malachit vorkommen, schliesst der Verf., dass letzterer immer pseudomorph sei nach schwefelsaurem Kupfer, welches aus der Verwitterung von Kupferkies entstanden ist.

Ref.: H. A. Miers.

1) Eine Kupferzinklegirung, welche zum Beschlagen der Schiffe dient.



55. W. Ramsay, J. N. Collie und M. Travers (in London): Helium in Mineralien (Journ. Chem. Soc. 1895, 67, 684).

Folgende Mineralien enthalten Helium: Yttrotantalit, Samarskit, Hjelmit, Fergusonit, Tantalit, Pechblende, Polykras, Cleveit, Bröggerit; auch Monazit, Xenotim, Orangit.

In nur drei Mineralien wurde Helium in grösseren Mengen gefunden, nämlich im Cleveit, Bröggerit und im Uraninit, welchen Hillebrand untersucht hat.

Ref.: H. A. Miers.

56. H. Marshall (in Edinburg): Actives Hydrogen-Ammonium-Aethoxy-succinat  $\text{COOH} \cdot \text{CHOC}_2\text{H}_5 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COONH}_4$  (Ebenda 967).

Von Purdie und Williamson dargestellt.

System: Rhombisch.

$$a : b : c = 0,7877 : 1 : 1,3764.$$

Formen:  $\{001\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{012\}$ ,  $\{101\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(001):(011)$	$= 54^0 0'$	—
$(001):(101)$	60 43	—
$(001):(012)$	34 39	$34^0 32'$
$(101):(011)$	73 0	$73 \frac{1}{2}$
$(101):(012)$	65 55	65 51

Spaltbarkeit  $\{010\}$  vollkommen. Optische Axenebene  $\{001\}$ ; spitze Bisectrix senkrecht zu  $\{010\}$ ;  $\varrho < v$ ;  $2E = 20^0$  approx.

Ref.: H. A. Miers.

57. A. Liversidge (in Sydney): Abgekürzte Namen für Krystallformen (Chemical News 1895, 71, 139).

Verf. empfiehlt abgekürzte Namen wie z. B. Oktron, Trapezron, für Oktaëder und Trapezoëder.

Ref.: H. A. Miers.

58. A. Thorpe (in ?): Analyse von Monazit aus Nord-Carolina (Ebenda 72, 32).

Lanthanoxyd	23,62
Ceroxyd	25,98
Thorsäure	18,04
Phosphorsäure	28,43
Zinnoxyd	1,62
Manganoxyd	1,33
Kalk	0,91

Ref.: H. A. Miers.

59. W. F. Wilkinson (in ?): Mineralvorkommnisse in Anatolien (Kleinasien) (Quarterly Journal Geological Society 1895, 51, 95).

Bei der Beschreibung der Gesteine erwähnt Verf. grosse Chromitlager in Serpentin; auch Meerschäum in grossen Mengen verarbeitet in der Nähe von Eski Chehir, und Boracit in der Nähe von Bali Kessir.

Ref.: H. A. Miers.

**60. W. J. Sollas** (in Dublin): **Krystallform von Riebeckit** (Proc. Royal Irish Academy 1896, 3, 516).

Die Krystalle kommen in Drusenräumen vor in einem Gestein ähnlich dem Mikrogranit von Ailsa Crag; Bruchstücke werden gefunden in den glacialen Materialien der Ostküste Irlands von Greenore bis Greystones. Die Krystalle erreichen eine Länge von 5 mm.

Krystallsystem: Monosymmetrisch.

$$a : b : c = 0,54748 : 1 : 0,22946; \beta = 76^{\circ} 10'.$$

Beobachtete Formen:  $\{010\} \{001\} \{110\} \{150\} \{\bar{1}11\} \{\bar{2}01\} \{021\}$ .

	Beobachtet:	Berechnet:
$(110):(1\bar{1}0)$	$= 56^{\circ} 0'$	—
$(110):(001)$	77 50	—
$(110):(010)$	62 0	$62^{\circ} 0'$
$(010):(001)$	89 48	90 0
$(150):(010)$	20 39	20 37'
$(021):(001)$	29 32	29 36
$(021):(010)$	60 28	60 24
$(021):(110)$	65 28	$65 28\frac{1}{2}$
$(021):(\bar{1}11)$	31 37	31 25
$(\bar{2}01):(001)$	54 20	—
$(\bar{2}01):(\bar{1}10)$	54 42	55 4
$(\bar{2}01):(\bar{1}11)$	27 54	28 $2\frac{1}{2}$
$(\bar{1}11):(110)$	68 3	68 4
$(\bar{1}11):(010)$	74 23	74 22
$(\bar{1}11):(001)$	34 6	34 7
$(\bar{1}11):(\bar{1}\bar{1}1)$	31 14	31 12

Der Winkel  $(010):(001)$  ist niemals  $90^{\circ}$ . Die Krystalle gehören jedoch nach dem Verf. nicht dem triklinen Systeme an; diese Abweichung und eine Abweichung vom Parallelismus der Flächen schreibt er einer polysynthetischen Aggregation, ähnlich derjenigen von Arfvedsonit nach Brögger, zu. Unvollständige Analyse des durch schwere Flüssigkeiten isolirten Materials:

$SiO_2$	42,69
$Al_2O_3$ u. $Fe_2O_3$	41,71
$Na_2O$	10,002
$K_2O$	0,866

Ref.: H. A. Miers.

**61. J. Y. Buchanan** (in Cambridge, Engl.): **Ueber die Anwendung des Globus in der Krystallographie** (Phil. Mag. 1895 (5), 40, 153).

Wie schon J. G. Grassmann 1829 angegeben hatte, kann ein Globus mit Kreiseintheilung zur graphischen Lösung der verschiedensten krystallographischen Aufgaben, welche durch die analytischen Methoden der sphärischen Trigonometrie zu lösen sind, dienen. Der Verf. empfiehlt mit Schiefermasse oder Pergamentpapier überzogene Globen von 22 cm Durchm., welche E. Bertaux in Paris, 25 rue Serpente, liefert, und die Anwendung der Magnac'schen »Metrosphäre«. Diese besteht aus einem grössten Kreise von Messing, einem zwei gegenüberliegende Punkte desselben verbindenden Halbkreise und einem vom Pole des ersten

Kreises ausgehenden, beweglichen Quadranten. Die Theilung dieser Bögen (auf  $1^0$ ) ist so angebracht, dass ihre Ablesung ohne Parallaxe erfolgt, wenn das Instrument auf dem Globus aufliegt; es können also dann, da die Metrosphäre beliebig auf dem Globus orientirt werden kann, beliebige Bögen gezeichnet und bis auf  $\frac{1}{2}^0$  genau gemessen werden. Der Verf. erörtert die Art der Auftragung von Flächenpolen, die graphische Bestimmung von ebenen Winkeln, des Maasses von Ecken u. s. w. im Allgemeinen und an einzelnen Beispielen im Besonderen.

Ref.: P. Groth.

**62. C. Barrington Brown und J. W. Judd (in London): Die Rubine von Burma und die sie begleitenden Mineralien** (Proceed. Roy. Soc. London 1895, 57, 387).

Die hauptsächlichste Gewinnung der Rubine geschieht in dem Bezirke Mogok, 90 Mi. N.N.O. von Mandalay. Während der von dort kommende Rubellit aus dem Gneiss stammt, finden sich die Rubine (sowie Sapphir, violetter, gelber und farbloser Korund) im krystallinischen Kalke mit Spinell, Graphit, Phlogopit, Granat, Zirkon (selten), blauem Apatit, Hornblende, Augit, Lasurit, Wollastonit, Feldspath, Skapolith etc., ferner mannigfache secundäre Bildungen, wie Diaspor, Glimmer und Kaolin. Die meisten Rubine werden aus dem aus der Verwitterung des Gneisses und der eingelagerten krystallinischen Kalke entstandenen Schotter gewonnen.

Ref.: P. Groth.

**63. Th. Andrews (in London): Mikrometallographie des Eisens** (Ebenda 1895, 58, 59).

Der Verf. untersuchte mit stark verdünnter Salpetersäure geätzte Schliffe von reinem Schmiedeeisen, welches in mehrere Tons schweren Massen von Weissgluth ab langsam abgekühlt war; dieselben zeigten sich zusammengesetzt aus durchschnittlich 0,006—0,044 mm grossen regulären Krystallen, hexagonalen Tafeln oder deutlichen Hexaëdern, welche ihrerseits wieder aus einem Aggregat etwa zehn Mal kleinerer, ebenfalls regulärer Krystalle bestanden. Der Verf. vermuthet, dass beim Erstarren zuerst die grösseren Krystalle als Skelette entstanden, worauf das halbflüssige Innere derselben die secundäre Krystallisation erfuhr; zuweilen wurde sogar eine dritte Krystallisation beobachtet. Vielleicht hängt die Structur der untersuchten Eisenmassen auch mit der Existenz resp. der Umwandlung der verschiedenen Modificationen des Metalls zusammen (vergl. diese Zeitschrift 27, 537).

Ref.: P. Groth.



## XII. Ueber den Aragonit von Sicilien und seine Structur.

Von

C. Viola in Rom.

(Hierzu Tafel IV.)

In den verschiedenen Schwefellagern von Sicilien, besonders in denjenigen von Racalmuto, Cianciana und Girgenti, kommen oft in den tieferen Ablagerungen der Schwefelformation die bekannten grossen Aragonitkrystalle, verwachsen mit Cölestin und mit schönen Schwefelkrystallen, vor. Da ich einige derselben erhielt, und die schöne Sammlung solcher Krystalle der hiesigen geologischen Anstalt mir zur Verfügung stand, habe ich einige Versuche zur Bestimmung der Symmetrie des Aragonits angestellt.

Der Aragonit erscheint in schönen, weissen oder bläulichen, oft sehr klaren Krystallen von hexagonalem Aussehen. Es sind nur von der Basis und den Flächen des primären Prismas und höchstens noch von  $\{010\}$  und  $\{0\bar{1}0\}$  begrenzte Zwillingskrystalle des gewöhnlichen Gesetzes, fast immer Durchdringungszwillinge mit ganz beliebiger Verwachsungsfläche. Zwei Zwillinge allein bringen schon das hexagonale Aussehen des Aragonitkrystalles hervor, wie die Fig. 4, Taf. IV schematisch zeigt; doch eine so einfache Combination kommt selten vor, da sehr oft noch ein drittes Individuum sich an einen der Zwillinge mit der gemeinschaftlichen Fläche  $(1\bar{1}0)$  anlehnt, dann aber auch ein viertes, sich an den zweiten Zwilling anschliessendes Individuum hinzutritt, ohne die schon von den zwei Zwillingen bestimmte hexagonale Form zu beeinflussen. Die Fig. 2 stellt zwischen gekreuzten Nicols einen zu  $(001)$  parallelen Schnitt eines solchen Aragonitkrystalles dar, und die Fig. 3 giebt schematisch ein Beispiel einer solchen Combination wieder.

Auf der Basisfläche eines Zwillingskrystalles beobachtet man Eigenthümlichkeiten, die einiges Interesse erwecken. Vorerst ist zu bemerken, dass streng genommen keine eigentliche Basis vorhanden ist, sondern nur eine grosse Anzahl von Vicinalflächen der Fläche  $(001)$ , die zur Kante  $[100]$



parallel sind, so dass auf den ersten Blick die Basis selbst von zur Brachydiagonale parallelen Streifen durchzogen erscheint. Die Fig. 4 stellt die obere Ansicht desjenigen Aragonitkrystalles dar, von dem wir den Schnitt Fig. 2 genommen haben. Durch Vergleichung dieser zwei Bilder ersieht man den Zusammenhang zwischen Verwachsungsfläche und Begrenzung der Streifung auf der Basis von Zwillingen. Die von den Vicinalflächen herkommende und zur Brachydiagonale parallele Streifung grenzt nicht scharf an der Verwachsungsebene von zwei Individuen ab. Die im Schnitte erscheinende Verwachsungslinie ist vielmehr zahnartig in der Weise, dass die Zähne parallel zur gemeinschaftlichen Fläche (110) übergreifen, während die Abgrenzung der Streifungen treppenartig und beziehungsweise parallel zur Brachydiagonalen ist. Mit anderen Worten: die Streifung eines Individuums ragt ohne Unterbrechung in das andere hinein. Diese Verhältnisse erscheinen deutlich, wenn man einen Dünnschliff in der Nähe der Basis (004) zur Verfügung hat, denn im durchfallenden polarisirten Lichte nimmt man die Grenzen der Zwillinge und bei einfallendem Lichte die Streifungen an der oberen Seite der Basis wahr. Dies ist schematisch in der Fig. 5 dargestellt, wo die Streifungen mit ganzen und die Zwillingsübergreifungen mit unterbrochenen Linien angegeben sind.

Die in den Figuren 2 und 4 zum Vorschein kommenden Spaltungen gehen durch kleine, in ein Individuum eingedrungene Theile des anderen. Sie stellen offenbar die weniger widerstandsfähigen Stellen des Krystalles dar.

Rund um die hexagonale Peripherie eines Zwillingskrystalles herum sieht man in der Nähe der Basisfläche kleine Einschnitte (s. Figg. 2 und 4), die, obwohl nicht scharf abgegrenzt, doch auf die Flächen (114) und (021) von einem oder gleichzeitig von zwei Individuen hindeuten.

Um festzustellen, in welcher Klasse der Aragonit krystallisirt, resp. was für eine Structur er hat, habe ich Aetzfiguren zu Hülfe genommen. Bekanntlich hat Hr. Beckenkamp<sup>1)</sup> sowohl auf der Basis (004), als auch auf den Flächen des Grundprismas sehr schöne Aetzfiguren erhalten, die neben den Erscheinungen der Pyroelektricität ihm dazu dienten, die Aragonitkrystalle als Zwillinge von niederer Symmetrie zu erkennen. Ich habe durch stark verdünnte Salzsäure auf der Basis Aetzfiguren herzustellen versucht und erhalten.

Die Fig. 6 zeigt schematisch solche durch Salzsäure auf der Basisfläche erhaltene Aetzfiguren auf der Grenze zweier Zwillinge. Die Salzsäure lässt die Streifung auf der Basis schnell und vollkommen verschwinden, und an deren Stelle treten langgestreckte spindelförmige Aetzfiguren, deren Symmetrieebenen parallel zur Brachydiagonale verlaufen. Ich habe bei den

1) Diese Zeitschr. 1888, 14, 375. S. auch 19, 244; 20, 264.

Versuchen mehr oder weniger stark verdünnte Salzsäure angewendet, und dabei doch immer Aetzfiguren von derselben Form, aber von verschiedener Grösse erhalten. Die Seiten dieser Aetzspindeln bilden ungefähr einen Winkel von  $110^{\circ}$  bis  $115^{\circ}$  mit einander, so dass sie wohl den Flächen des Prismas {120} entsprechen mögen. Es ist nicht genau bestimmt, ob diese Aetzfiguren auch Symmetrieebenen besitzen, welche parallel zu {100} wären.

Von grösserer Wichtigkeit noch sind die natürlichen Aetzfiguren des Aragonits, welche auf den Flächen des Prismas {110} bei den sicilianischen Krystallen beobachtet werden.

Die natürlichen Aetzfiguren des Aragonits werden durch ein sehr günstiges Lösungsmittel hervorgerufen, nämlich durch Kohlensäure.

Schon von Lasaulx<sup>1)</sup> hatte, indem er die Pseudomorphosen des Calcits nach Aragonit erklärte, beobachtet, wie die Kohlensäure die Aragonit-substanz auflöst, durch das Wasser dieselbe fortgeführt wird, und in den dadurch entstandenen Vertiefungen kohlensaurer Kalk sich in Form von Calcit niederschlägt. Es ist wichtig, von Lasaulx's eigene Worte hier wiederzugeben:

»Wird nun der Aragonit aufgelöst und fortgeführt, so entstehen hohle Skelette, die sich successive mit Calcit erfüllen, und endlich ist dann der ganze Aragonitkrystall in ein Aggregat von Calcitskalenoëdern verwandelt.

»An dem Aragonitkerne zeigt sich, dass seine Auflösung ganz regelmässig erfolgt, der Aragonit zerfällt in lauter einzelne Längsfasern, und die leeren Zwischenräume erfüllen sich mit Calcit.

»Längs der Grenzen der einzelnen im Aragonitzwilling vereinigten Individuen erfolgt die Fortführung der Substanz am schnellsten.

»Ein solcher Aragonitkrystall zeigt dann im Inneren ein Gerüst von noch erhaltenen Aragonitbalken und -wänden, durch die den ursprünglichen Zwillingsgrenzen entsprechende Hohlräume getrennt.«

Zur Entscheidung, ob solche Aggregate von Calcit nach Aragonit als Paramorphosen oder Pseudomorphosen aufzufassen sind, macht von Lasaulx folgende, noch heute geltende Bemerkungen:

»Die Betrachtung der verschiedenen Stadien in der Bildung dieser Pseudomorphosen ergibt, dass alle Erscheinungen sehr wohl ihre Erklärung finden, wenn man hier lediglich die Vorgänge einer mechanischen Ausfüllungs- und Umhüllungspseudomorphose annimmt.« »An Stelle des fortgeführten Aragonits tritt Calcit, jedoch erst, wenn der freie Raum geschaffen, der ihn aufnimmt« . . .

»Wo also ein Mineral durch blosser Auflösung fortgeführt, und nun in seiner Hohlform ein mit jenem polymorphes Mineral nur durch Umhüllung und Erfüllung abgelagert wird, da liegt natürlich keine Paramorphose vor«, etc.

Es ist interessant, die durch die Kohlensäure entstandenen, von Lasaulx erwähnten Zwischenräume ihrer Bildung nach zu verfolgen, was man auf irgend einer Fläche des Prismas {110} thun kann.

1) Beobachtungen in den Schwefeldistricten von Sicilien. N. Jahrb. f. Min. etc. 1879, 490. Ref. in dieser Zeitschr. 5, 389.

Aus der Grösse der verschiedenen Vertiefungen kann man schliessen, dass die natürliche Aetzung in der Mitte der Fläche (110) beginnt und gegen die Peripherie sich ausdehnt.

Die Vertiefungen an der Peripherie haben die Form von Pyramiden mit gleichschenkelig dreieckiger Basis, während gegen die Mitte der Fläche (110) die einzelnen Gruben so in einander verschmelzen, dass dadurch Aetzhügel zurückbleiben. Die Fig. 7 ist eine getreue Wiedergabe solcher Aetzhügel und Aetzvertiefungen auf der Fläche (110), und schief gesehen auch auf der Fläche (1 $\bar{1}$ 0). Die Fig. 8 stellt dagegen diese Aetzfiguren schematisch dar. Es ist wichtig, diese Aetzhügel speciell zu untersuchen; jeder derselben besteht aus der Fläche (110) des Krystalles und aus drei schiefen Flächen, die auf (110) drei Kanten bestimmen; zwei derselben sind mit Bezug auf [001] symmetrisch, während die dritte Kante mit [001] parallel ist.

Die durch diese letztere Kante gehende schiefe Fläche des Aetzhügels ist zu der Fläche (1 $\bar{1}$ 0) parallel. Der Winkel, welchen die anderen zwei Kanten einschliessen, lässt sich auf dem Mikroskoptische auf ca. 63° messen. Die Winkel der zwei geneigten Flächen mit (110) betragen ungefähr 53°, ein nach verschiedenen Messungen berechnetes Mittel.

Wenn diese zwei Flächen mit den Flächen (231) und (23 $\bar{1}$ ) des Aragonits identificirt werden, wie in der Fig. 9 angegeben ist, so erhält man für die Axenverhältnisse des Aragonits:

$$a : b : c = 0,608 : 1 : 0,720.$$

Das Gleiche, was für die Fläche (110) angegeben ist, gilt auch für die Fläche (1 $\bar{1}$ 0). Auch hier bestehen die Aetzhügel aus den Flächen (1 $\bar{1}$ 0), (110), (2 $\bar{3}$ 1) und (23 $\bar{1}$ ).

Auch aus den natürlichen, wie aus den von Beckenkamp künstlich erhaltenen, ähnlichen Aetzfiguren auf den Flächen des Prismas {110}, ist offenbar zu schliessen, dass wenigstens eine Symmetrieebene und wenigstens eine Symmetrieaxe vorhanden ist.

Alle weissen, nicht ganz durchsichtigen Krystalle der sicilianischen Ablagerungen haben solche soeben beschriebene Aetzhügel und Aetzhohlräume, die nach und nach mit Calcit- und Schwefel-Krystallen, wie von Lasaulx selbst schon bemerkte, ausgefüllt werden.

Die durchsichtigen, bläulichen Aragonitkrystalle hingegen zeigen auf den Flächen des Prismas {110} andere Aetzfiguren. Diese letzteren sind zugespitzt gegen die Basis und symmetrisch mit Bezug auf die Kante [001], wie in der Fig. 10 schematisch dargestellt ist.

Um einen annehmbaren Schluss aus diesen Beobachtungen zu ziehen, müssen wir die Structur des Calcits zu Hülfe nehmen, welcher ein geringeres specifisches Gewicht hat als der Aragonit. Und da angenommen werden darf, dass die Molekeln des Calcits und des Aragonits gleich

seien<sup>1)</sup>, so muss die Structur des Aragonits aus derjenigen des Calcits durch Polymerisation entstehen.

Der Calcit krystallisirt in der skalenoëdrischen Symmetrie, welcher sechs verschiedene Structuren angehören. Wegen der gleichwerthigen Spaltungen des Calcits nach den Flächen des Grundrhomboëders kann die Structur des Calcits keine andere sein als  $\mathfrak{D}_{3,d}^6$  (Bezeichnung von Schönflies) gleich 47h (Fedorow'sche Numerirung).

Diese Structur ist in Fig. 11 schematisch dargestellt. Jeder Molekelhaufen besteht aus zwölf Molekeln, von denen je ein Paar symmetrisch in Bezug auf eine Symmetrieebene ist, und sechs Molekelpaare stehen in Bezug auf eine sechszählige Inversionsaxe symmetrisch. Daher hat jeder Molekelhaufen folgende Symmetrieelemente: eine sechszählige Inversionsaxe, drei durch diese Axe gehende Symmetrieebenen und drei zweizählige auf letztere senkrechte Symmetrieaxen. Die betreffenden Translationen sind parallel zu den drei Kanten des Grund- oder Spaltungsrhomboëders.

Um diese Structur besser zu veranschaulichen, habe ich drei parallele aufeinanderfolgende Schichten von Molekelhaufen in der Weise dargestellt, dass die Molekeln der obersten Schicht am stärksten, diejenigen der zweiten etwas schwächer und endlich diejenigen der untersten ganz schwach ausgezogen sind.

Die Molekeln selbst sind bald voll ausgezogen, bald leer, je nachdem sie auf der unteren oder auf der oberen Seite der in Betracht kommenden Schicht gelegen sind. Die zweizähligen Symmetrieaxen sind durch unterbrochene Linien dargestellt, und zwar stärker und schwächer je nach der Lage derselben in den verschiedenen Schichten.

Die verticalen sechszähligen Inversions- und gleichzeitig dreizähligen Symmetrieaxen sind auf dem Papier durch kleine, dreiseitige, vollausgezogene Dreiecke angegeben.

Die verticalen Symmetrieebenen sind durch ganz ausgezogene Linien dargestellt.

Die in der Mitte zwischen je drei sechszähligen Inversionsaxen vorhandenen, dreizähligen, rechtsdrehenden Schraubenaxen sind in der Zeichnung nicht aufgetragen.

Durch diese Art und Weise der Bezeichnung giebt die Fig. 11 ein getreues und klares Bild der Structur  $\mathfrak{D}_{3,d}^6$  des Calcits, das dem Verständnisse der gedachten Structur von Aragonit dienen soll.

Wir gehen jetzt dazu über, zu untersuchen, welche möglichen Structuren aus derjenigen des Calcits mit Hülfe der Polymerisation entstehen können.

Wenn je zwei Molekeln des Calcits, nämlich zwei voll und ebenso

1) G. Wulff, diese Zeitschr. 24, 509.



zwei leer in der Zeichnung angegebene Molekeln sich miteinander vereinigen, so verschwinden sämtliche verticale Symmetrieebenen, und die daraus entstehende Structur ist  $\mathfrak{C}_{3,i}^2$  (Schoenflies), 52s (Fedorow), welche in die rhomboëdrische Symmetrie gehört. Man erhält also die Structur des im Dolomit enthaltenen kohlensauren Kalks. Wenn weiter in der Structur  $\mathfrak{C}_{3,i}^2$  alle Molekeln sich vereinigen, so verschwindet jede Symmetrie, und es entsteht die einfachst mögliche Homogenität, welche zur asymmetrischen Klasse gehört.

Wir können uns ferner noch eine in Bezug auf die sechszählige Inversionsaxe nicht symmetrische Polymerie denken. Stellen wir uns nämlich vor, dass alle Molekelhaufen eine Verdichtung nach einer bestimmten Richtung erfahren. Dies ist in der Fig. 12 dargestellt, wobei, ebenso wie vorher zum besseren Verständniss der Structur, drei horizontale, übereinander gelegene Schichten von Molekelhaufen in die Zeichnung eingetragen sind. Wir sehen daraus, dass jeder Molekelhaufen mit Bezug auf eine zweizählige Symmetrieaxe und eine darauf senkrechte Symmetrieebene symmetrisch ist, d. h. wir erhalten eine Structur, welche zur prismatischen Klasse (Groth) gehört.

Ferner können je vier Molekeln auf jeder Seite der Symmetrieebene sich vereinigen, und man erhält eine zur domatischen Klasse (Groth) gehörige Structur. Endlich können die Molekeln so vereinigt gedacht werden, dass die Symmetrieebenen verschwinden, und daraus die zur sphenoidischen Klasse (Groth) gehörige Structur entsteht.

Die aus der Structur  $\mathfrak{D}_{3,d}^6$  des Calcits sich herausbildenden möglichen Structuren sind daher  $\mathfrak{C}_{3,i}^2$  (52s),  $\mathfrak{C}_{2,h}^3$  (8s),  $\mathfrak{C}_s^3$  (6s),  $\mathfrak{C}_2^3$  (4s) und  $\mathfrak{C}_1$  (4s), deren erste der rhomboëdrischen Klasse, die drei folgenden dem monoklinen und die letzte dem triklinen Systeme angehören.

Ich habe hier die Symbole von Schoenflies und in Klammern die Fedorow'sche Nummerirung angewendet.

Durch diese theoretischen Betrachtungen ist die Krystallisation des Aragonits innerhalb fünf Structuren begrenzt. Um darin die richtige Wahl zu treffen, haben wir noch die vorher beschriebenen Versuche zu Hülfe zu nehmen. Da nun die natürlichen Aetzfiguren des Aragonits sowohl auf Symmetrieebenen als auch auf Symmetrieaxen hindeuten, so liegt auf der Hand, dass die Structur des Aragonits nur  $\mathfrak{C}_{2,h}^3$  sein kann, welche zur prismatischen Klasse (monoklin holoëdrisch) gehört.

Wir haben nun für den Aragonit dieselbe Erscheinung wie bei anderen polymorphen Substanzen, nämlich, dass die Molekelhaufen die prismatische Symmetrie besitzen, während das Raumbgitter dem rhombischen Systeme entspricht. Wenn wir nun unter Pseudomorphismus einen viel weiteren Begriff verstehen wollen, als es gewöhnlich geschieht, so können wir uns, was den Aragonit anbelangt, folgendermaassen ausdrücken: Der

Aragonit besteht aus einem Aggregat von monoklinen, gleich orientirten Theilchen, die nach einem rhombischen Skelett angeordnet sind. Aus dieser Anordnung der Molekelhaufen geht natürlich hervor, dass die schiefe und geneigte Dispersion der optischen Axen Null sein muss.

Die Symmetrieebene des Aragonits ist parallel zur Fläche (010), und die Symmetrieaxe parallel zur Kante [010].

Darnach besteht der Aragonit von Sicilien aus folgenden Krystallformen:

$S_{02}^{\sigma}$  {010}, {110}, {111},  $\{\bar{1}11\}$ , {021}, {231},  $\{\bar{2}31\}$ , {001}. Fig. 13.

Die Ebene der optischen Axen ist senkrecht zur Symmetrieebene.

Die stumpfe Bisetrix (positiv)  $c$  fällt mit der Symmetrieaxe zusammen.

$$2V = -18^{\circ}.$$

$$\varrho > \nu \text{ schwach,}$$

$$G = 2,925.$$

Spaltung parallel der Symmetrieebene deutlich; die zu  $S_{02}^{\sigma}$  (110) und  $S_{02}^{\sigma}$  (011) parallelen Spaltungen sind kaum bemerkbar.

---

### XIII. Ueber das compacteste regelmässige Kugelsystem.

Von

E. von Fedorow in Moskau.

(Hierzu 1 Textfigur.)

---

Die vollständige Ableitung regelmässiger Kugelsysteme wurde in den »Elementen der Gestaltenlehre« des Verf. ausgeführt. Da dieselbe bis jetzt nur in russischer Sprache erschienen und dabei so einfach ist, dass die Darstellung derselben sehr wenig Platz in Anspruch nimmt, so erlaube ich mir, hier dieselbe zu reproduciren.

Für einander berührende, gleich grosse Kugeln existirt ein regelmässiges System. Die Kugelcentra jedes solchen Systems bilden ein regelmässiges Punktsystem und zwar ein Raumgitter, da, von einem Kugelcentrum ausgehend und zu den Centren der nächstliegenden, jene berührenden Kugeln übergehend, wir stets congruente Reihen erhalten.

Ziehen wir jetzt in sämmtlichen Berührungspunkten der Kugeln die gemeinsamen Tangentialebenen, so erhalten wir ein regelmässiges System von um die Kugeln umgeschriebenen (typischen) Polyëdern. Da aber von vornherein nicht klar ist, ob dieselben, jedes einzeln genommen, ein abgeschlossenes Ganze bildet, ohne in das Innere der nächsten einzudringen, so ist dieser Ableitung eine andere Auffassung vorzuziehen. Man denke, dass sämmtliche Kugeln zugleich auf eine und dieselbe Weise concentrisch wachsen, dass also in jedem gegebenen Zeitpunkte alle concentrisch gewachsenen Kugeln gleich sind; treffen sich aber in einem Zeitmomente Punkte der nächstliegenden Kugeln, so ist hiermit das weitere Wachsthum in dieser Richtung abgeschlossen<sup>1)</sup>. Daraus geht hervor, dass 1) in den

---

1) Diese Auffassung ist in einigen meiner russischen Arbeiten (z. B. in der Notiz über die Fortschritte der theoretischen Krystallographie im Jahrzehnt 1880—1890) in der Hinsicht verallgemeinert, dass zum Auffinden der Form der entsprechenden Raum-

durch die Berührungspunkte hindurchgehenden Radien das Wachsthum von Anfang an abgeschlossen ist; 2) dass die Punkte des Zusammentreffens sich in den zu entsprechenden congruenten Reihen senkrechten Ebenen, welche genau durch die Mittelpunkte zwischen zwei nächsten Kugelcentren hindurchgehen, anordnen.

Das Resultat dieses vorausgesetzten Wachsthums ist, dass sämtliche Kugeln durch gleiche und parallel gestellte Polyöder ersetzt werden, welche zusammengenommen den Raum lückenlos ausfüllen; dadurch wird also das regelmässige Kugelsystem durch ein solches Paralleloëdersystem ersetzt. Ausserdem müssen sich unter den Grenzflächen eines Paralleloëders sämtliche gemeinsame Tangentialebenen in den Berührungspunkten der Kugeln befinden.

Die Frage der regelmässigen Kugelsysteme ist also auf die Frage solcher Paralleloëdersysteme reducirt worden, in welchen wenigstens drei Paar Flächen um eine Kugel umgeschrieben werden können (natürlich können dabei nur convexe Paralleloëder in Betracht gezogen werden).

Nun ist aber die letzte Frage vollständig gelöst, und es erwies sich, dass nur das Tri-, das Tetra-, zwei Hexa- und das Heptaparalleloëder möglich sind.

Für das Triparalleloëder ist die höchste Anzahl der Berührungspunkte sechs. Das System mit drei Berührungspunkten ist aber ein bewegliches, nicht ein starres, da es immer möglich ist, mit einer Kugel drei andere mehr oder weniger beliebig zur Berührung zu bringen. Sind aber die Lagen von vier Kugeln festgestellt, so ist damit auch das ganze Kugelsystem eindeutig bestimmt.

Für das Tetraparalleloëder sind aber unter acht Berührungspunkten sechs derselben in dem Sinne fixirt, dass dies nur dann möglich ist, wenn die Tangentialebenen ein regulär hexagonales Prisma darstellen. In diesem Falle berühren auch alle sechs, eine innere Kugel berührende Kugeln zugleich einander. Die Centren dreier nächster Kugeln bilden die Eckpunkte eines regulären Dreiecks; also, wenn wir von dem Centrum der inneren Kugel Gerade durch die Centren der nächstliegenden Kugeln ziehen, so ist der minimale Winkel unter solchen Geraden  $60^\circ$ .

Für das Hexaparalleloëder ist die höchste Anzahl der Berührungspunkte zwölf, und dann erhalten wir als Paralleloëder das Rhombendodekaëder, dessen sämtliche primäre Zonen regulär hexagonale Prismen sind. Folglich ist das hierzu gehörende Kugelsystem vollkommen starr, indem je zwei die innere Kugel berührende Kugeln von einander um  $60^\circ$  abstehen,

---

einheiten der Krystalle von niedrigeren Symmetriearten zuerst eine homogene Deformation dient, welche den Krystall kubisch macht, und man dann die Kugeln wachsen lässt. Eigentlich ist dies gleichbedeutend mit der Annahme des Wachsthums von Ellipsoiden.



und sämtliche zwölf äussere Kugeln mit den nächsten zur Berührung kommen.

Endlich für das Heptaparalleloëder ist die höchste Anzahl der Berührungspunkte acht, und die Berührungspunkte sind die Mittelpunkte der oktaëdrischen Flächen dieser Figur (des besonderen abgestumpften Oktaëders).

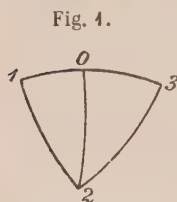
Nun gehen wir zu der in dem Titel aufgestellten Aufgabe über.

Für jedes regelmässige Kugelsystem bilden dessen Centra die Knotenpunkte eines Raumgitters. Nehmen wir also drei conjugirte Reihen dieses Raumgitters, so ist die Anzahl der Parallelepipeda desselben genau gleich der Anzahl der Kugeln des Systems. Als Maass der Compactheit des Kugelsystems kann also die dem Volumen eines Parallelepipeds umgekehrte Zahl dienen. Das compacteste System wird dasjenige sein, für welches dieses Volumen das kleinste ist.

Nun ist noch in Betracht zu ziehen, dass alle Maschen des Raumgitters Rhomben sind, da sämtliche Kanten eines Parallelepipeds genau gleich sind, und die Länge eines solchen als Einheit angenommen werden kann. Das Volumen eines Parallelepipeds ist bekanntlich gleich dem Producte seiner drei Kanten mit der Sinusfunction der Ecke. Da aber die ersten sämtlich gleich 1 sind, so reducirt sich dieses Product auf diese Sinusfunction allein.

Folglich reducirt sich die aufgestellte Aufgabe auf die Auffindung der durch die Lage der vier Kugeln bestimmten Ecke, deren Sinusfunction ein Minimum ist.

Die Sinusfunction einer Ecke (123) kann aber sehr verschiedenartig ausgedrückt werden (was dieser Function eine sehr grosse Bedeutung ertheilt). Wählen wir den Ausdruck  $\sin(123) = \sin(13) \cdot \cos(II\ 2)$ , wo II die Normale zur Fläche (13) bedeutet.



Es sei (Fig. 4) (123) ein sphärisches Dreieck, dessen Eckpunkte den Richtungen entsprechen, in denen drei äussere eine innere Kugel berühren. Nehmen wir für dieselben solche Richtungen, welche sämtlich untereinander einen nicht grösseren Winkel bilden als  $90^\circ$ , jedenfalls aber auch einen nicht geringeren als  $60^\circ$ . Es sei (13) der grösste unter allen drei Winkeln, und (12) der kleinste unter denselben.

Ziehen wir durch den Punkt 2 den zum Bogen (13) senkrechten Bogen (20), so können wir gemäss den gemachten Voraussetzungen sagen, dass  $(03) > (01)$ . Folglich können wir den Punkt 3 auf dem Bogen (13) in der Richtung zum Punkte 0 hin bewegen, so dass der Winkel (13) kleiner wird, während der Winkel (II 2) constant bleibt. Die Sinusfunction jeder solchen Ecke kann also vermindert werden.

Andererseits können wir den Punkt 2 auf dem Bogen (12) sich bewegen lassen bis zur Berührung der entsprechenden Kugel, d. h. bis (12) gleich  $60^\circ$  wird, dann bleibt der Winkel (13) constant, und der Winkel (II 2) vergrössert sich, also kann die Sinusfunction wieder verkleinert werden.

Da aber diese Betrachtung für alle Ecken gültig ist, in welchen die Flächenwinkel grösser sind als  $60^\circ$ , so ist augenscheinlich, dass die Sinusfunction aller solcher Ecken vermindert werden kann.

Die minimale Grösse einer Sinusfunction gehört also derjenigen Ecke an, für welche sämmtliche Flächenwinkel gleich  $60^\circ$  sind. Diese Ecke ist aber gerade für das starre, dem Rhombendodekaëder entsprechende Kugelsystem charakteristisch. Dieses Kugelsystem ist also das gesuchte compacteste System.

Dieser Satz kann natürlich Anlass zu der Voraussetzung geben, dass die in der kubischen Syngonie krystallisirenden Substanzen sämmtlich oder wenigstens hauptsächlich die dodekaëdrische Structur erhalten, da auf den ersten Blick es sehr natürlich scheint, den Krystallen ein Streben nach möglichst compacter Lagerung zuzuschreiben.

Diese Voraussetzung kann aber an der directen Erfahrung geprüft werden, und nun giebt die Erfahrung keineswegs die gewünschte Bestätigung.

Wäre die Structur eines Krystalls die dodekaëdrische, so wären die Wachstumsrichtungen die durch  $[110]_4$  ausgedrückten, d. h. die zu den Flächen des Rhombendodekaëders normalen Richtungen. Meine ziemlich zahlreichen, an kubisch krystallisirten Salzen ausgeführten Messungen haben aber zu dem Schlusse geführt, dass es nicht die Richtungen  $[110]_4$ , sondern die Richtungen  $[100]_4$  und  $[111]$  sind. Dabei ergaben sich Verschiedenheiten in den Grössen resp. Geschwindigkeiten dieser beiden Richtungen unter verschiedenen Verhältnissen. So z. B. für Kochsalz ist die Wachstumsrichtung nach  $[111]_4$  die vorherrschende, für Kali-Thonerdealaun stehen die Geschwindigkeiten beider Wachstumsrichtungen fast im Gleichgewichte; für sehr zahlreiche Substanzen ist aber die Richtung  $[100]_4$  die vorherrschende. Kein einziges Mal hatte ich als Wachstumsrichtungen die Richtungen  $[110]_4$  erhalten.

Somit scheint der Schluss gerechtfertigt, dass bei der Krystallisation einer kubischen Substanz keineswegs die Tendenz zu möglichst compacter Lagerung die maassgebende ist, sondern eine andere, welche durch die vorherrschende oktaëdrische Structur sich kundgiebt.

Ich habe schon mehrere Male darauf aufmerksam gemacht, dass die aus der directen Erfahrung sich ergebende Tendenz die der minimalen Oberfläche der Molekelsphären ist, wie dies direct aus folgender Tabelle zu ersehen ist, in welcher die Zahlen für die Oberfläche und den Durchmesser der eingeschriebenen Kugel für Würfel, Rhombendodekaëder und

abgestumpftes Oktaëder zusammengestellt sind, und das Volumen aller dieser drei Formen gleich 1 vorausgesetzt ist.

	Oberflächengrösse	Durchm. d. eing. Kugel.
1. Würfel	$6 = 3 \cdot 2,00000$	$\sqrt[6]{1}$
2. Rhombendodekaëder	$3 \cdot \sqrt[6]{32} = 3 \cdot (1,78480)$	$\sqrt[6]{2}$
3. Abgest. Oktaëder	$3 \left( \sqrt[6]{\frac{27}{4}} + \sqrt[6]{\frac{1}{16}} \right) = 3 \cdot (1,62671)$	$\sqrt[6]{\frac{27}{16}}$

Diese Tabelle zeigt ganz deutlich, dass bei derselben Grösse des Volumens der Durchmesser der eingeschriebenen Kugel für das Rhombendodekaëder der grösste ist, also das entsprechende Kugelsystem das compacteste ist, während die Oberfläche ihre minimale Grösse beim abgestumpften Oktaëder erhält.

Die Natur selbst hat uns also die Antwort auf die gestellte Frage gegeben im Sinne der minimalen Oberfläche der Molekelsphäre und nicht im Sinne der maximalen Compactheit der Lagerung der Krystallmolekeln.

Ich habe auch auf andere Weise den Versuch gemacht, die Natur in dieser Beziehung zu befragen. Man bemerkt nämlich eine ausgeprägte Tendenz der krystallinischen Substanzen, symmetrischere Formen auszubilden. Da die Symmetrie ihrem Wesen nach nichts anderes ist, als die Wiederholung der gleichen Theile, so hätte die Natur keine besondere Tendenz gehabt; eine solche Wiederholung der Theile wäre fast unbegreiflich, und wir würden in der Natur ausschliesslich oder fast ausschliesslich asymmetrische Formen wahrnehmen, also gerade das Gegentheil davon, was wirklich der Fall ist.

Nun habe ich eine specielle Arbeit<sup>4)</sup> dem Beweise gewidmet, dass jede Erhöhung der Syngonie oder eine Annäherung an eine höhere Syngonie stets die Verminderung der Oberfläche zur Folge hat.

Von diesem Standpunkte aus wird die Tendenz zur Annahme der symmetrischen Formen begreiflich, als ein Ausdruck der allgemeinen Tendenz zur minimalen Oberfläche. Das ist eine andere Antwort auf dieselbe Frage.

Wäre die Tendenz zur Compactheit die maassgebende, so würde keine Tendenz zu symmetrischeren Formen zum Vorschein kommen, da alle oder wenigstens die meisten Formenänderungen endgültig als von Schiebungen hervorgebracht aufgefasst werden können, und gerade diese Ursache lässt das Volumen und folglich die Compactheit der Lagerung der Krystallmolekeln unverändert. Von diesem Standpunkte aus wäre also die Tendenz zur Bildung symmetrischerer Formen unerklärlich. Von dem Standpunkte der minimalen Oberfläche aus ist gerade das Gegentheil der Fall.

4) Minimumproblem in der Lehre von der Symmetrie (russisch). Auch im Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. 4894, 1, 56. Ref. in dieser Zeitschr. 27, 436.

Zum Schlusse erlaube ich mir, einige erklärende Worte auf die von Herrn Barlow neuerdings<sup>1)</sup> gemachten Einwände beizufügen.

Er qualificirt meine Eintheilung der möglichen Structurarten in wahrscheinliche und nicht-wahrscheinliche als eine unhaltbare Einschränkung und sucht dieselbe darauf zu reduciren, die Studirenden nicht mit einer so grossen Zahl (230) zu erschrecken.

Die Sache ist aber ganz anders. Eine solche Zahl hat mich nicht nur nicht erschreckt, sondern ich bin sogar zu dem Schlusse gekommen, dass 4182 mögliche Structurarten vorhanden sind. Andererseits aber habe ich im Interesse der Studierenden versucht, die Vertheilung der Symmetrielemente auf graphischem (ebenso wie auf analytischem) Wege möglichst anschaulich zu machen.

Was mich aber bewog, wahrscheinliche Structurarten von nicht-wahrscheinlichen abzutrennen, war ausschliesslich die directe Erfahrung, und da dieser Beweggrund von Herrn Barlow unbeachtet gelassen ist, so fällt vorläufig auch der von Demselben gemachte Schluss über die Unhaltbarkeit dieser Eintheilung.

Er verwirft auch, als auf einer Fiction beruhend, die Unterscheidung der Structurarten nach der Form der Raumeinheiten. Ich möchte wissen, ob er dieselbe selbst dann verwerfen wird, wenn wir diese verschiedenen Structurarten wirklich in der Natur vertreten finden. Den Versuch dazu hatte ich aber schon längst gemacht, und da derselbe Herrn Barlow unbekannt geblieben scheint, so möchte ich Herrn Barlow vorschlagen, mit seinem Urtheile bis zu der Zeit zu warten, zu welcher ich im Stande sein werde, dieselbe den Fachgenossen in vollkommenerer Form vorzulegen, als dies bis jetzt in meinen russischen Publicationen und Vorträgen geschah.

Vorläufig sei die allgemeine Aeusserung erlaubt, dass ich keine Bedeutung einer Theorie zuschreibe, welche durch directe Thatsachen nicht einer Prüfung unterworfen werden kann, und dass überhaupt meiner Anschauung nach der günstigste Fall für die Entwicklung einer Wissenschaft ist, wenn die auf den erkannten Gesetzen fussenden, möglichst streng und logisch abgeleiteten, deductiven Folgerungen auf Schritt und Tritt durch directe Thatsachen geprüft werden, kurz, wenn die Theorie Hand in Hand mit der Erfahrung vorwärts geht.

Für jetzt möchte ich mich mit dem Hinweise darauf begnügen, dass es sehr gut möglich ist, durch directe Thatsachen zu constatiren (falls dieselben überhaupt zur Verfügung stehen), ob eine wahrscheinliche oder eine der nicht wahrscheinlich genannten Structurarten in jedem besonderen Falle vorliegt, in manchen Fällen aber auch über die Form der Raumeinheit Auskunft zu erhalten.

---

4) Diese Zeitschr. 27, 449 ff.



Die »nicht-wahrscheinlich« genannten Structurarten zeichnen sich im Grossen und Ganzen dadurch aus, dass die Hauptsymmetrieelemente, ausserhalb der Krystallmolekel, also auf der Oberfläche der Raumeinheiten sich befinden. Nun ist ganz klar, dass, wenn eine solche Structurart in der Natur vertreten wäre, die betreffende Substanz durch keine physikalischen Vorgänge (hauptsächlich bei verschiedenen Temperaturen) eine Aenderung ihrer Symmetrie erfahren könnte, da die Symmetrie nicht den Molekeln selbst angehört, sondern nur ihre Orientirung resp. Lagerung im Raume bestimmt. Dieselbe wird also von allen inneren, in der Molekelsphäre stattfindenden Aenderungen unabhängig sein. Nun kennt man eine allgemeine Erscheinung — den Polymorphismus —, welcher gerade das Entgegengesetzte beweist.

Ebenso können wir über die Form der Raumeinheit direct aus der Erfahrung Auskunft erhalten durch das Studium der Wachstumsrichtungen, und ich habe schon mehrere Male die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dass meine Beobachtungen mich in dieser Hinsicht zu dem ganz bestimmten Schlusse geführt haben, dass in der Natur hauptsächlich (wenn nicht ausschliesslich) die oktaëdrischen Structurarten vertreten sind.

Wenn auch von roh materiellem Standpunkte die Grenzebenen einer Raumeinheit wirklich als eine Fiction aufgefasst werden können, und dieser Begriff jeden Sinn verliert, wenn wir die Krystallmolekeln einzeln betrachten, erhält jedoch derselbe Begriff eine ganz reelle Bedeutung, wenn wir die einzelnen Molekeln wieder zum krystallinischen Gebäude vereinigt denken. Man kann nicht nur von der Form, sondern sogar von dem Volumen solcher Raumeinheiten sprechen. Das Volumen einer Fiction wäre aber ein Unsinn.

Nennen wir z. B. eine Krystallmolekel eine Raumeinheit, welche die volle Symmetrie des Krystallgebäudes besitzt, und durch deren parallele Anhäufung der Raum völlig ausgefüllt wird, so würde ich Herrn Barlow fragen, ob es ihm für den Fall z. B. der (hexakis-)oktaëdrischen Symmetrie gelingt, andere Formen aufzufinden, als die von mir angegebenen und von ihm als reine Fictionsen aufgefassten. Ist dies wirklich eine Fiction, so kann er natürlich solcher soviel nennen, wie er will. Gelingt dies ihm nicht, so würde es heissen, dass dies keine Fiction, sondern ein ganz reelles und sogar nothwendig anzunehmendes Ding ist. Seine eigene Annahme über das Vorhandensein solcher Structurarten, deren Raumeinheiten von verschiedenem Inhalte sind, von welchen z. B. die einen die krystallinische Substanz selbst, die anderen Krystallisationswasser enthalten, steht im Widerspruche mit dem Begriffe der krystallinischen Homogenität.

## XIV. Neue Zeolithvorkommnisse in den Tiroler Centralalpen.

Von

P. C. Habert in Innsbruck.

(Mittheilung aus dem mineralogisch-petrographischen Universitäts-Institut.)

Im Verlaufe der letzten Jahre hat sich im hiesigen mineralogisch-petrographischen Institut eine Anzahl Zeolithstufen von bisher unbekannten Fundorten angesammelt. Die ersten Spuren dieser Zeolithe, und zwar Chabasit und Desmin, entdeckte Hr. Prof. Cathrein vor einigen Jahren im Pitzthal und bei St. Sigmund oberhalb Vintl im Pusterthal bei seiner petrographischen Durchforschung dieser Thäler. Die späteren Aufsammlungen von Andalusit im Pitzthal und Selrain durch den Institutsdiener Bär lieferten auch eine nicht unbedeutende Menge von Zeolithen; sie wurden grösstentheils in der Gegend von St. Leonhard im mittleren Pitzthal gefunden, meist in bedeutender Höhe am Uebergange nach Huben im Oetzthal, theilweise auch, gleichfalls sehr hoch, in dem bei St. Leonhard nach Westen abzweigenden kleinen Tulfenthal, welche Bezeichnung im Folgenden zum Unterschiede vom eigentlichen Pitzthal gebraucht wird, und an anderen Orten des Pitzthales; ferner im Stubai Thal nahe dem Kamme am Uebergange in's Fatscherthal.

Bei dem relativ seltenen Vorkommen der Zeolithe in den Schiefen gegenüber den Eruptivgesteinen erschien nun eine Untersuchung des gefundenen Materials von Interesse, umsomehr, da gerade das Gebiet der westlichen Tiroler Centralalpen nach Zeolithen so gut wie gar nicht durchforscht ist, während aus den östlich und westlich davon gelegenen Theilen der Schieferzone — Tauern und Schweizeralpen — eine beträchtliche Anzahl von Zeolithfundorten bekannt ist. Zu dieser Untersuchung wurde ich nun von Hrn. Prof. Cathrein angeregt und während derselben fortwährend angeleitet und unterstützt; es sei mir gestattet, dem Hrn. Professor hierfür an dieser Stelle den besten Dank auszusprechen.

Die vorliegende Abhandlung soll also einen Beitrag liefern zur Kenntniss der Natur und Verbreitung der Zeolithe in den im Centralalpengebiete herrschenden Schiefergesteinen.

Bei der näheren Prüfung des Materials fanden sich sechs Zeolithe: Chabasit, Desmin, Heulandit, Skolezit, Apophyllit, Thomsonit und Prehnit. Es ist wohl berechtigt, den letzteren zugleich mit den Zeolithen zu behandeln; er zeigt ja in den physikalischen und chemischen Eigenschaften, in Entstehungsweise und Vorkommen so grosse Uebereinstimmung mit ihnen, dass er bis in die neueste Zeit wirklich zu ihnen gerechnet wurde.

Die Pusterthaler Zeolithe sitzen auf stark verwittertem Quarz-Phyllit. Das Gebiet, dem die übrigen Zeolithe entstammen, zeigt reichen Wechsel zwischen Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, Gneiss, Hornblendegneiss, Amphibolit. In den gesammelten Stücken wurden folgende Gesteinsminerale gefunden:

Hornblende ist sehr reichlich vorhanden in Aggregaten von höchstens  $\frac{1}{2}$  cm langen Säulchen ohne deutliche Flächen; makroskopisch ist sie schwarzgrün, im Mikroskope zeigt sie deutliche prismatische Spaltbarkeit, starke Lichtbrechung, sehr starken Pleochroismus: dunkelblaugrün  $\parallel c$  bis lichtgelbgrün  $\perp$  zu  $c$ , lebhafte Polarisationsfarben; die Auslöschungsschiefe auf der Spaltungsfläche beträgt  $14^{\circ}$ — $20^{\circ}$  zu  $c$ .

Feldspath tritt manchmal in grösseren derben Partien auf, meistens aber in körnigem Gemenge mit Quarz. Im Tulfenthal bildet er hier und da grösstentheils freie, aber geometrisch nicht bestimmbare Krystalle. Die Spaltbarkeit ist öfters makroskopisch durch deutlich perlmutterglänzende Flächen kenntlich; das Pulver zeigt grosse Härte. Günstige Spaltblättchen zur mikroskopischen Untersuchung erhält man nur sehr selten; die meisten Pulvertheilchen sind unregelmässig, trüb und rauh, stark zersetzt. An klareren Blättchen sind lebhafte Polarisationsfarben und öfters Zwillinglamellen zu beobachten; das deutet auf Plagioklas.

Quarz ist sehr reichlich in Form der erwähnten, mit Feldspath eng verbundenen Körner von graulichweisser Farbe vertreten, ausserdem bildet er für sich grössere Linsen mit Einschlüssen von Muscovit, Epidot, Hornblende und Granat. Beim Pulverisiren zeigt sich grosse Härte, muscheliger Bruch. Die Lichtbrechung ist schwach; dünnere Splitter geben matte Polarisationsfarben, bei dickeren tritt das randliche Irisiren der lebhafteren Farben deutlich hervor.

Biotit findet sich überall in Form kleiner Schüppchen ohne regelmässige Begrenzung; makroskopisch ist er bräunlich, manchmal sehr licht; im Mikroskope sind dünne Spaltungsblättchen gelblichbraun oder durch Chloritisirung grünlich. Die Lichtbrechung ist schwach, die Polarisations-

farben matt; im convergenten Lichte weichen die Axenpunkte ziemlich weit auseinander.

Muscovit wurde nur in den erwähnten Quarzlinsen vom Tulfenthal sicher beobachtet. Die Spaltblättchen sind farblos, wasserhell, zeigen schwache Lichtbrechung, lebhaftes Polarisationsfarben, deutliche Zweiaxigkeit.

Epidot, schön grün, ist an verschiedenen Mineralstufen in kleinen derben Partien oder undeutlichen Krystallen bis zur Länge von einigen Millimetern vorhanden. Die Härte ist bedeutend; das Pulver zeigt theilweise Säulenform, sonst muscheligen Bruch. Färbung und Pleochroismus sind im Mikroskope schwach, die Lichtbrechung ist sehr stark, die Polarisationsfarben sind lebhaft. An den säuligen Stücken ist die Auslöschung gerade.

Granat ist hier und da eingesprengt in Form undeutlicher Krystalle von einigen Millimetern Durchmesser. Er ist makroskopisch braunroth, im Pulver unter dem Mikroskope licht röthlichbraun; zeigt bedeutende Härte, muscheligen Bruch, starke Lichtbrechung, Isotropie.

Pyrit tritt hier und da in spärlichen, kleinen und undeutlichen Kryställchen von speisgelber Farbe auf. Beim Pulverisiren zeigt er grosse Härte, gegen 7. Das Pulver ist opak, hat Metallglanz, muschelige Bruchflächen. Es ist in Salzsäure unlöslich, wird von heisser Salpetersäure ziemlich rasch aufgeschlossen; Ammoniak fällt aus der Lösung einen voluminösen, schön rothbraunen Eisenniederschlag; Chlorbaryum erzeugt in der Salpeterlösung milchige Trübung, wodurch Schwefelsäure nachgewiesen ist. Infolge der angeführten Eigenschaften erscheint Magnetkies ausgeschlossen.

Titanit ist nicht selten in Linsen von licht braungelber Farbe, aus Aggregaten von unregelmässigen Körnern bestehend, und in undeutlichen, hellgrünen Krystallen vorhanden. Der Glanz hält etwa die Mitte zwischen Diamant- und Fettglanz. Die Härte ist bedeutend; das Pulver zeigt muscheligen Bruch. Die Farbe und damit der Pleochroismus verschwinden im Pulver fast gänzlich, welches starke Lichtbrechung, matte, gelbliche bis graue Polarisationsfarben besitzt.

Rutil bildet an den Stufen vom Pitzthal Trübungen im Biotit, welche sich erst bei stärkerer Vergrösserung in ein Netzwerk von winzigen, dunkel erscheinenden Nadelchen, unter Winkeln von ungefähr  $60^{\circ}$  zu einander gelagert, auflösen.

Diese qualitative Zusammensetzung des Gesteines zeigt sich ziemlich gleichmässig an allen Stücken; das quantitative Verhältniss und die Lagerungsweise der Gemengtheile ist einem etwas grösseren Wechsel unterworfen. Das Gestein vom Pitzthal und Stubaital ist fast durchweg durch grossen Hornblendegehalt sehr dunkel; nur einzelne Stücke erhalten eine hellgraue Färbung durch grösseres Hervortreten von Quarz und Feld-



spath; an diesen Stücken verschwindet hier und da die Hornblende ganz und wird vom Biotit vertreten, der sie übrigens fast überall begleitet. Die Gesteinsminerale sind hier meistens lagig angeordnet, indem sehr dünne Lagen von Quarz und Feldspath mit ebensolchen von Hornblende und Biotit abwechseln. An manchen Stellen jedoch ist die Schieferung kaum mehr zu erkennen, da die Bestandtheile scheinbar regellos durcheinander liegen, so dass das Gestein einen amphibolitartigen Charakter annimmt. Aus dem Pitzthal stammt auch ein kleines Stücklein Flasergneiss. Im Gestein vom Tulfenthal treten Quarz und Feldspath mehr in den Vordergrund; sie bilden einzeln oder gemengt kleinere oder grössere Linsen, welche von einer fast ganz aus Hornblende bestehenden Gesteinsmasse umschlossen werden.

Die untersuchten Zeolithe sind somit in allen oben erwähnten Schiefergesteinen zu finden, vorzüglich jedoch in den hornblendereichsten, wie dies auch sonst häufig der Fall ist; so auf der Saualpe in Kärnten<sup>1)</sup>, an vielen Orten des Grossvenediger-Stockes<sup>2)</sup>, in Pfitsch<sup>3)</sup>, Ratschinges<sup>4)</sup>, in der Maulser Schlucht<sup>5)</sup>, im Arlbergtunnel<sup>6)</sup> und an nicht wenigen Fundorten der Schweiz.

Als Begleitminerale der Zeolithe treten im Tulfenthal auf: Die erwähnten Feldspathkrystalle, Epidot in derben Krusten und undeutlichen Kryställchen, und Apatit in farblosen, wasserhellen, lebhaft glasglänzenden, etwa 5 mm langen, sechsseitigen Prismen ohne Endflächen, im Feldspath eingewachsen. Er zeigt den fünften Härtegrad, schwache prismatische Spaltbarkeit, daneben muscheligen Bruch und Absonderung nach der Basis; starke Lichtbrechung, bläuliche Polarisationsfarben, gerade Auslöschung an den prismatischen Spaltungsblättchen, Isotropie an den basischen Blättchen. Nach Aufschluss mit Salpetersäure fällt molybdänsaures Ammon den charakteristischen citronengelben, pulverigen Niederschlag, der die Phosphorsäure nachweist. Im Pitzthal findet sich Calcit, zum Theil mit Prehnit gemengt, zum Theil als krustenförmige Unterlage des Chabasit. Er ist farblos, wasserhell, besitzt ausgezeichnete rhomboëdrische Spaltbarkeit, schwache Lichtbrechung, diagonale Auslöschung, irisirende Polarisationsfarben, Zwillingslamellen nach {110}— $\frac{1}{2}R$ . In Salzsäure löst er sich sehr leicht unter lebhaftem Aufbrausen, bei Zusatz von

1) Brunlechner, Die Minerale des Herzogthums Kärnten S. 73.

2) Weinschenk, diese Zeitschr. 26, 464, 507, 508.

3) Kenngott, Uebers. d. Result. min. Forsch. 1862—1869, S. 449. — Liebener und Vorhauser, Die Mineralien Tirols. Nachtr. S. 28. — v. Zepharovich, Miner. Lex. f. d. Kaiserth. Oesterr. 1, 322.

4) Leonhard, Taschenb. f. d. gesammte Mineral. 1808, S. 238 und viele andere Autoren.

5) Pichler, Neues Jahrb. f. Miner., Geol. u. s. w. 1874, S. 267.

6) Foulton, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1885, 35, I. Heft. Diese Zeitschr. 12, 533.

Ammoniak fällt etwas Thonerde, oxalsaures Ammoniak ergibt den typischen weissen, pulverigen Calciumniederschlag; phosphorsaures Natron erzeugt keine Magnesiareaction.

Die Winkelmessungen an den zu untersuchenden Zeolithen wurden mit dem Reflexionsgoniometer, theilweise auch im Mikroskope, vorgenommen. Die Angaben der Autoren über die geometrischen Constanten und die für die Arbeit in Betracht kommenden — gelegentlich auch einige andere — Winkel der betreffenden Mineralien wurden durch Rechnung geprüft, wobei sich als Nebenfrucht der Untersuchungen die Richtigstellung mancher Fehler in der Literatur ergab. Es werden im Folgenden, wo nicht anders bemerkt, immer die Normalenwinkel angegeben. Für die optische Bestimmung genügte durchwegs die Beobachtung im Orthoskop. Bei der chemischen, qualitativ-quantitativen Analyse wurde — mit einer kleinen Ausnahme bei Prehnit — der folgende Weg eingeschlagen: Das möglichst reine und feine Pulver wurde mit Salzsäure aufgeschlossen, die Lösung von der Kieselsäure decantirt, Ammoniak zugesetzt, dann zum Ausschluss von Magnesia der Niederschlag wieder durch Salzsäure gelöst, nochmals mit Ammoniak gefällt und gekocht; die Lösung von der Thonerde abgossen, oxalsaures Ammoniak beigefügt, die Lösung decantirt, endlich phosphorsaures Natron und ziemlich viel Ammoniak zugesetzt. Die verschiedenen von jeder Probe erhaltenen Niederschläge wurden in den Proberröhrchen nebeneinander gestellt zum Vergleiche der Quantitäten.

### 1. Chabasit.

Hexagonal-rhomboëdrisch.  $a:c = 1:1,086$  aus dem überall angegebenen Grundwinkel  $(100):(00\bar{1}) = 94^{\circ}46'$  berechnet und mit Dana<sup>1)</sup>, Goldschmidt<sup>2)</sup> und Hintze<sup>3)</sup> übereinstimmend gefunden. In Naumann-Zirkel<sup>4)</sup> ist bei gleichem Grundwinkel  $a:c = 1:1,0858$  angegeben, also  $c$  etwas zu klein. Goldschmidt citirt a. a. O. für Phillips-Miller<sup>5)</sup>, Hausmann<sup>6)</sup> und Mohs-Zippe<sup>7)</sup> das Axenverhältniss  $a:c = 1:1,093$ , was nicht richtig ist; denn in den ersteren beiden Werken ist der gewöhnliche Grundwinkel  $85^{\circ}44'$ , resp.  $94^{\circ}46'$ , wonach  $c = 1,086$ , im dritten auch das Axenverhältniss selbst nach Mohs'scher Bezeichnung,  $a = \sqrt[3]{3,538}$  angegeben, durch Umrechnung in die Bravais'sche erhält man daraus  $a:c = 1:1,08595$ . Den Winkel  $\{111\}:\{100\}$  giebt Phillips-Miller und

1) The System of Mineralogy 1892, p. 589.

2) Index der Krystallformen des Mineralreiches 1, 407.

3) Handbuch der Mineralogie S. 4769.

4) Elemente der Mineralogie 12. Aufl., 1885, S. 709.

5) An elementary Introduction to Mineralogy 1852, S. 448.

6) Handbuch der Mineralogie 2 [1], 780.

7) Leichtfassl. Anfangsgründe d. Naturgesch. d. Mineralreiches 2, 255.

nach ihm Schrauf<sup>1)</sup> falsch mit  $50^{\circ} 45'$  an statt  $54^{\circ} 26'$ , wie Dana richtig schreibt; dieser Irrthum wird übrigens von Goldschmidt erwähnt.

Trotz des schönen Glanzes der Flächen ergaben doch die Messungen sehr ungenaue Resultate infolge der feinen Fiederung der Flächen symmetrisch zur kürzeren Diagonale und des Auftretens von Subindividuen und verschieden geneigten Facetten auf den Flächen; nach Tamnau<sup>2)</sup> verhält sich der Chabasit immer so. An den Krystallen vom Pitzthal und Pusterthal sind diese störenden Umstände weniger stark entwickelt als im Tulfenthal, sie sind aber wegen ihrer Kleinheit zum Messen weniger günstig.

Die Krystalle zeigen stets das ziemlich gleichmässig entwickelte Grundrhomboëder; dazu kommt ein in Form der erwähnten Fiederstreifen auftretendes vicinales Skalenoëder der Polkante, das wegen der Feinheit der Streifen nicht gemessen werden konnte. Die Messung der einfachen Krystalle ergab folgende Resultate:

Form	Kante	Zahl der gemessenen		Grenzwerthe		Mittel	Berechnet
		Krystalle	Kanten				
{100} R	(100):(00 $\bar{1}$ )	7	8	93 <sup>0</sup>	95 <sup>0</sup> 6'	94 <sup>0</sup> 44'	94 <sup>0</sup> 46'
	(100):(010)	3	3	84	86 48	85 43	85 44

Sehr häufig an allen Fundorten sind Penetrationszwillinge mit der *c*-Axe als Zwillingssaxe. Die Basisecken des einen Individuums ragen aus den Flächen des anderen hervor, ähnlich den Figuren bei Dana a. a. O., Tschermak<sup>3)</sup> und anderen Autoren. Phillips-Miller<sup>4)</sup> und darnach Schrauf a. a. O. geben für den einspringenden Zwillingwinkel (100):( $\bar{1}00$ ) =  $102^{\circ} 54'$  (wahren Winkel), resp.  $77^{\circ} 6'$  (Normalenwinkel), Tamnau a. a. O. und Des Cloizeaux<sup>5)</sup>  $102^{\circ} 54'$ , resp.  $77^{\circ} 9'$ , obwohl von allen der Grundwinkel  $85^{\circ} 44'$  resp.  $96^{\circ} 46'$ , von Tamnau auch das Axenverhältniss  $\sqrt{3,538}$ , aus denen sich der fragliche Zwillingwinkel mit  $102^{\circ} 51\frac{1}{2}'$  resp.  $77^{\circ} 8\frac{1}{2}'$  berechnet, angenommen wird.

Interessanter als diese Zwillinge sind diejenigen nach der Fläche des Grundrhomboëders, da sie sonst als sehr selten bezeichnet werden. An den Stufen vom Tulfenthal aber kommen Zwillinge nach {100} ungefähr gleich häufig vor wie solche nach {111}; am Pitzthaler Chabasit liess sich nur ein einziger constatiren, am Pusterthaler wurde keiner gefunden. Sie

1) Atlas der Krystallformen des Mineralreiches. Text zu Tafel XLIII.

2) Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1836, S. 635.

3) Lehrbuch d. Mineralogie 4. Aufl., S. 502.

4) a. a. O. S. 449.

5) Manuel de Minéralogie S. 448.

sind Appositionszwillinge, wie sie Tamnau<sup>1)</sup> und Hintze<sup>2)</sup> erwähnen und abbilden, oder Penetrationszwillinge entsprechend der Abbildung von Schrauf<sup>3)</sup>, endlich erscheinen schmälere und breitere Zwillinglamellen in Ein- oder Mehrzahl den Krystallen eingelagert, auch nach verschiedenen R-Flächen an demselben Individuum.

Für diese Zwillinge geben Tamnau<sup>4)</sup> und (wahrscheinlich nach ihm) Des Cloizeaux a. a. O. 171°48' als wahren Zwillingwinkel statt 170°28', welcher Werth sich aus dem auch von ihnen angenommenen Grundwinkel 94°46' berechnet.

An den Zwillingen wurden folgende Winkelwerthe durch Messung gefunden:

Form	Kante	Zahl der gemessenen		Grenzwerte		Mittel	Berechnet
		Krystalle	Kanten				
Zwillinge	(100):( <u>100</u> )	2	2	76° 0'	78° 0'	77° 0'	77° 8½'
nach {111}	(100):( <u>001</u> )	3	3	45 30	48 6	46 50	46 4½'
Zwillinge	(100):( <u>100</u> )	3	3	8 30	9 36	8 53	9 32
nach {100}							

Durch Wiederholung der ersterwähnten Zwillingbildung oder durch Verbindung beider Gesetze entstehen Zwillingstöcke.

Die Krystalle des Chabasit sind farblos, wasserhell und sehr schön glasglänzend. Die Härte ist etwa = 5. Am Pulver ist selten rhomboëdrische Spaltbarkeit wahrzunehmen, sondern fast überall muschligiger Bruch. Es zeigt keine besonders starke Lichtbrechung, sehr matte bläuliche und grünliche Polarisationsfarben; da die Aufhellung im dunklen Gesichtsfelde sehr schwach ist, kommt auch die Auslöschung nach den Diagonalen der rhombischen Flächen wenig zum Ausdruck.

Das Pulver zersetzt sich leicht in Salzsäure, es bleibt viel gallertige Kieselsäure. Thonerde, voluminös, wolkig, blau und gelblich opalisirend, und oxalsaurer Kalk, pulverig, compact, fallen in ungefähr gleicher Menge, die aber bedeutend geringer ist als die der Kieselsäure. Magnesia ist kaum in Spuren vorhanden. Diese Resultate entsprechen der normalen Zusammensetzung des Chabasit nach Rammelsberg<sup>5)</sup>:  $SiO_2 = 50,50$ ,  $Al_2O_3 = 17,26$ ;  $CaO = 9,43$ .

Der Chabasit ist unter allen Zeolithen weitaus am reichlichsten vor-

1) a. a. O. S. 638; Tafel VI, Fig. 16.

2) a. a. O. S. 1778.

3) a. a. O. Tafel XLIII, Chabasit Fig. 5.

4) a. a. O. S. 644.

5) Handbuch der Mineralchemie 2. Aufl., S. 647.



handen. Im Tulfertal sitzen die Krystalle fast immer in kleineren oder grösseren Drusenhöhlen, die als primäre anzusehen sind, da sie neben Desmin und Heulandit auch ursprünglichen Apatit, Feldspath und Epidot als Begleitmineralien enthalten. Die Chabasitkrystalle sind hier einzeln entwickelt oder zu kleinen Gruppen vereinigt und erreichen mit Ausnahme weniger sehr kleiner eine Grösse von 2—7 mm Kantenlänge. Im Pitzthal dagegen bildet der Chabasit in den Klüften, hauptsächlich auf den Hauptbruchflächen des sehr dunklen Gesteines drusige Krusten, aus denen sehr zahlreiche, aber kleine Kryställchen hervorragen. Die Krusten sind meistens unmittelbar dem Gesteine aufgelagert; an ein paar Stellen liegt eine theilweise doppelte Calcitkruste dazwischen. Auch auf krystallisiertem Prehnit kommen Krystalle von Chabasit vor. Aehnlich, nur in viel geringerer Menge und bloss von Desmin begleitet, ist der Chabasit auf dem Phyllit von St. Sigmund im Pusterthal entwickelt.

Was die Beziehungen zu anderen Fundorten in den Alpenschiefern betrifft, so zeigt sich die auffallendste Aehnlichkeit zwischen dem Chabasit vom Pitzthal und dem von Pichler<sup>1)</sup> in den sog. Oligoklasschiefern des Granitcontactes in der Maulser Schlucht gefundenen, von welchem sich mehrere Stücke in der hiesigen Institutssammlung befinden; auch die durch reichen Hornblendegehalt sehr dunklen Gesteinsproben von beiden Fundorten sind einander zum Verwechseln ähnlich. Als Krystallform findet sich überall {100}R, nur im Arlbergtunnel fand Foullon<sup>2)</sup> selten auch {110}— $\frac{1}{2}$ R, welche Form jedoch nicht gemessen wurde. Zwillinge werden nur selten erwähnt; ein solcher »in der bekannten Form«, also wohl nach {111}, vom Pfundererberg bei Klausen<sup>3)</sup>, solche nach {100} von Reckingen in Oberwallis, vom Berge Mutsch und aus dem Medelserthal in der Schweiz<sup>4)</sup>, wovon aber nur Reckingen sicher dem Schiefergebiete angehört; Hintze nennt überhaupt nur zwölf Fundorte von Zwillingen nach {100}. In Rindenform findet sich der Chabasit äusserst selten, am Weisseneck im Hollersbachthal (Pinzgau)<sup>5)</sup> und im Val Giuf in der Schweiz<sup>6)</sup>; gewöhnlich tritt er in einzelnen Krystallen oder kleineren Gruppen auf, besonders schön und gross nach Foullon a. a. O. im Albergtunnel.

## 2. Desmin, Breith. (Stilbit, Brooke.)

Monoklin. Die Richtigkeit dieser Auffassung gegenüber der rhombischen steht wohl ausser Zweifel durch die schiefe Auslöschung.  $a : b : c =$

1) Neues Jahrb. f. Miner., Geol. u. s. w. 1871, S. 267.

2) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1885, **35**, I. Heft. Diese Zeitschr. **12**, 533.

3) Pichler, Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1877, S. 63.

4) Hintze, Handb. d. Min. S. 1775—1784.

5) Weinschenk, diese Zeitschr. **26**, 508.

6) Wisner, Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1838, S. 161.

0,76227 : 4 : 4,19404,  $\beta = 50^\circ 49\frac{3}{4}'$  Dana<sup>1)</sup>, Hintze<sup>2)</sup>. Lasaulx<sup>3)</sup> giebt als Grundwinkel an:  $(110):(\bar{1}\bar{1}0) = 61^\circ 9' 45''$ ,  $(110):(001) = 57^\circ 3' 30''$ ,  $(001):(101) = 89^\circ 30'$ , welche genau mit den Werthen bei Dana und Hintze übereinstimmen, berechnet aber daraus abweichend von ihnen  $a:b:c = 0,76236 : 4 : 4,19395$ ,  $\beta = 50^\circ 49' 9''$ . Durch Controlrechnungen erwiesen sich diese Zahlen als unrichtig, während die Ergebnisse aller meiner Rechnungen genau mit den Angaben Dana's und Hintze's stimmten. Bauer<sup>4)</sup> citirt das Axenverhältniss (abgekürzt) und zwei Winkel gleich Dana, giebt aber für die Grösse des Zwillingswinkels  $(110):(\bar{1}\bar{1}0)$  an  $114^\circ 2'$  (wahren Winkel); aus Bauer's richtiger Angabe  $(110):(001) = 122^\circ 56\frac{1}{2}'$  (wahrer Winkel) folgt jedoch für die Grösse des Zwillingswinkels  $114^\circ 7'$ . Die von Phillips-Miller<sup>5)</sup> und Des Cloizeaux<sup>6)</sup> angeführten Werthe für rhombische Auffassung wurden als richtig befunden.

Für Messungen ist das vorliegende Material nicht günstig.  $\{010\} \infty R\infty$  ist durch die concave Krümmung unzuverlässig,  $\{110\} \infty P$  giebt meistens nur einen verschwommenen Schein, oder, sowie  $\{001\} 0P$ , mehrere Bilder.

Die nach  $a$  (rhombisch  $c$ ) mehr oder weniger säuligen, nach  $\{010\}$  tafeligen Krystalle zeigen stets die Combination  $\{010\} \infty R\infty$ ,  $\{001\} 0P$ ,  $\{110\} \infty P$ , nicht so allgemein  $\{\bar{1}01\} + P\infty$ ; manchmal tritt diese letzte Form nur ganz fein treppenförmig an den Prismenflächen auf, manchmal als deutlich sichtbare Endfläche der Säulchen; an einer Anzahl von Kryställchen vom Pitzthal ist sie so stark entwickelt, dass die Flächen von  $\{110\} \infty P$  (rhombisch  $\{111\} P$ ) nur als kleine dreieckige Abstumpfung der von  $\{010\} \infty R\infty$ ,  $\{001\} 0P$  und  $\{\bar{1}01\} + P\infty$  (rhombisch  $\{010\} \infty \bar{P}\infty$ ,  $\{100\} \infty \bar{P}\infty$  und  $\{001\} 0P$ ) gebildeten Ecken sichtbar sind. Dieser Typus des Desmin verdient besonders hervorgehoben zu werden, weil, wie sich später zeigen wird, der Thomsonit in einer ganz ähnlichen Gestalt auftritt. Die wenigen brauchbaren Messungen ergaben folgende Winkelgrössen:

Form	Kante	Zahl der gemessenen		Grenzwerte		Mittel	Berechnet
		Krystalle	Kanten				
$\{110\} \infty P$	$(110):(\bar{1}\bar{1}0)$	4	4	60° 30'	61° 36'	61° 03 $\frac{3}{4}'$	61° 9 $\frac{1}{2}'$
$\{001\} 0P$	$\{001\}:\{010\}$	3	3	89 36	90 0	89 54 $\frac{1}{2}$	90 0
$\{\bar{1}01\} + P\infty$	$\{\bar{1}01\}:c\text{-Axe}$	4	4	37 0	39 54	38 24	39 40

1) The Syst. of Min. 1892, S. 583.

2) Handb. d. Min. S. 1842.

3) Diese Zeitschr. 2, 576.

4) Lehrbuch der Mineralogie S. 482.

5) An elem. Introd. to Min. 1852, S. 439.

6) Man. de Min. S. 416.

Für  $\{T01\}$  wurde im Mikroskope der Winkel gemessen, den die Tracen von  $\{T01\} + P\infty$  und  $\{110\} \infty P$  auf  $\{010\} \infty P\infty$  miteinander bilden. An zwei Krystallen kommen kleine Flächen vor, welche sich mit keiner bisher bekannten Form identificiren lassen. Genaue Messungen derselben waren nicht durchführbar; da jede nur einmal beobachtet wurde, konnte an eine eventuelle Aufstellung neuer Formen um so weniger gedacht werden. Die eine derselben ist ihrer Lage nach ein steiles positives Orthodoma; der Winkel  $\{\bar{h}0l\} + mP\infty : \{004\}0P = 59^\circ 12'$  würde am nächsten für  $\{\bar{4}01\} + 4P\infty$  stimmen. Die andere, nach der Lage eine positive Klinopyramide, konnte nicht näher untersucht werden.

Die Krystalle sind durchwegs Zwillinge nach  $\{004\}$  und erhalten dadurch die bekannte mimetisch rhombische Gestalt, bei der monoklin  $\{004\}0P$  rhombisch  $\{100\} \infty \bar{P}\infty$  darstellt, die Prismenflächen beider Individuen sich zur rhombischen Pyramide combiniren und je zwei  $\{\bar{4}01\} + P\infty$  die rhombische Basis, mit einer äusserst stumpfen einspringenden Kante  $\parallel$  der  $b$ -Axe imitiren. An frei gebildeten Krystallen erscheinen beide Enden gleich entwickelt, wie es bei den allgemein in der Literatur beschriebenen und abgebildeten Durchkreuzungszwillingen der Fall ist. Das optische Verhalten spricht jedoch gegen das Vorhandensein solcher Durchkreuzungszwillinge. Bei diesen erscheinen bekanntlich auf  $\{010\}$  zwei Zwillingenähte,  $\parallel$  und  $\perp$  zur  $a$ -Axe; von den vier durch sie getrennten Sektoren haben je zwei diagonal gegenüberliegende gleiche Auslöschungsrichtung, die Auslöschungsrichtungen beider Paare liegen symmetrisch zur  $a$ -Axe. An den zahlreichen untersuchten Spaltungsblättchen von allen angeführten Fundorten sah ich zwar fast allgemein eine scharfe Zwillingennaht  $\parallel a$ , welche das Blättchen der ganzen Länge nach in zwei Hälften mit symmetrischer Auslöschungsschiefe theilte, niemals jedoch konnte ich die Spur einer Zwillingennaht senkrecht zur ersten wahrnehmen, auch nicht, wenn an beiden Enden des Blättchens die pseudorhombische Pyramide sichtbar war. Man kann als Erklärung dessen nicht annehmen, dass etwa die eine Zwillingennaht durch Uebereinanderlagerung entgegengesetzt orientirter Lamellen verwischt wurde, weil dann das Gleiche auch mit der anderen Zwillingennaht geschehen müsste. Eine ausreichende Erklärung für das Auftreten der einzigen Zwillingennaht gäbe folgende Annahme: Die Krystalle sind nicht Durchkreuzungs-, sondern Appositionszwillinge, wobei  $\{004\}$  Zwillingen- und Verwachsungsebene ist. Zur Erklärung des beiderseitigen Auftretens der pseudorhombischen Pyramide müsste man dann annehmen, dass die Krystalle neben  $\{010\}$ ,  $\{004\}$ ,  $\{110\}$ , eventuell  $\{\bar{4}01\}$  noch eine Pyramide besitzen, welche zu  $\{010\}$  und  $\{004\}$  ungefähr die gleiche Neigung hat, wie  $\{110\}$ . Durch Berechnung stellte sich heraus, dass dies bei der Pyramide mit dem sehr einfachen Zeichen  $\{\bar{1}12\} + \frac{1}{2}P$  der Fall ist; die entsprechenden Winkel sind:

$$\begin{array}{ll} \{112\}:\{001\} = 56^{\circ}30'5'' & \{112\}:\{010\} = 59^{\circ}38' \\ \{110\}:\{001\} = 57^{\circ}3'30'' & \{110\}:\{010\} = 59^{\circ}25'7''. \end{array}$$

Der Glanz würde ja bei beiden Formen wohl nur unmerklich verschieden sein; zudem müssten bei der Zwillingsbildung am einen Ende vier Prismenflächen, am anderen vier Pyramidenflächen zur Bildung der pseudorhombischen Pyramide zusammentreten, die verschiedenen Formen würden also nicht unmittelbar aneinanderstossen, wodurch das Erkennen kleiner Unterschiede erschwert würde. Das Doma  $\{101\}$  müsste allerdings am einen Ende eine einspringende, am anderen eine ausspringende Kante bilden; dieselbe ist aber nahezu  $480^{\circ}$ , deshalb schwer zu controliren; bei den von mir untersuchten Proben fehlte das Doma dort, wo an beiden Enden des Blättchens die pseudorhombische Pyramide entwickelt war.

Die hier entwickelte Annahme gewinnt dadurch an Haltbarkeit, dass analoge Erscheinungen auch bei anderen Mineralien vorkommen, so beim Orthoklas, wo ganz ähnliche Winkelverhältnisse zwischen  $\{001\}OP$  und  $\{101\} + P\infty$  vorhanden sind, bei der Hornblende, wo ebenfalls diese beiden Formen annähernd gleiche Neigung haben, so dass bei Verzwillingung nach  $\{100\}$  die beiden Pole der  $c$ -Axe ganz ähnliche Gestalt annehmen, so wie beim Desmin die Pole der  $a$ -Axe.

Eine Bestätigung dieser Theorie wäre erst durch eingehende Untersuchung günstigeren Materiales zu erwarten.

Die Krystalle des Desmin sind farblos, wasserhell, die makroskopische Durchsichtigkeit wird jedoch durch die vollkommene Spaltbarkeit nach  $\{010\}$  beeinträchtigt; die Spaltbarkeit nach  $\{001\}$  ist kaum merklich.  $\{010\}$  zeigt schönen Perlmutter-, die anderen Flächen Glasglanz. Die Härte ist etwa 4. Die Lichtbrechung ist nicht besonders stark; das Pulver zeigt lebhafte Polarisationsfarben. Die Auslöschungsschiefe beträgt  $5-40^{\circ}$  zur Richtung der  $a$ -Axe im stumpfen Winkel  $\beta$ ; manchmal ist sie nur an den Rändern der Spaltungsblättchen deutlich zu erkennen, während sie in der Mitte verschwindet, was Lasaulx<sup>1)</sup> auch am Desmin vom Kniebiss im Gasteinthale beobachtete.

Die chemische Analyse ergab ganz ähnliche Resultate wie bei Chabasit, welche im Einklang stehen mit der von Dana a. a. O. angeführten Durchschnittsformel des Desmin:  $SiO_2 = 57,4$ ;  $Al_2O_3 = 16,3$ ;  $CaO = 7,7$ .

Der Desmin steht an Häufigkeit dem Chabasit zunächst. Im Pitzthal findet er sich meistens im hornblendereichen Gesteine in Höhlungen, welche jedoch nicht wie im Tulfenthal den Charakter primärer Drusenräume besitzen, oder als Ausfüllung von verschiedenen gerichteten Klüften. Er bildet blätterig-faserige Ueberzüge, aus denen an günstigen Stellen zahlreiche, über 1 cm lange, bis 4 mm breite, 2 mm dicke Krystalle hervorragen. Die

1) Diese Zeitschr. 2, 586.



wenigen frei gebildeten Krystalle sind kleiner und zeigen die nach  $a$  säulige, nach  $\{010\}$  tafelige Entwicklung besonders deutlich. Im Tulferthal fand er sich nur in Gestalt einiger rosettenförmiger Aggregate neben Chabasit und Heulandit, im Stubai in dünnen Krusten, strahligen Aggregaten und einzelnen Krystallen, bei St. Sigmund im Pusterthal wurden nur ganz wenige winzig kleine, aber mikroskopisch wohl bestimmbare Kryställchen, mit Chabasit gemischt, gefunden. Die bekannte Garbenform der Krystalle, oder besser der Krystallaggregate, ist oft typisch entwickelt.

Der Desmin kommt im Pitzthal in Gesellschaft von Heulandit, Apophyllit, Thomsonit und Skolezit vor und ist mit den ersten drei Mineralien oft so enge gemengt, dass eine genaue Scheidung kaum möglich ist.

An den neuen Fundorten tritt also der Desmin in denselben Krystall- und Aggregatformen auf, wie in den anderen zahlreichen Vorkommnissen in den Alpenschiefen; nur das auffallende Vorwalten der pseudorhombischen Basis fand ich nirgends verzeichnet; viele Vorkommnisse sind jedoch sehr ungenau untersucht. Bezüglich der Begleitung finden sich zahlreiche Analogien, sowohl für das Vorhandensein der alten Begleitmineralien im Tulferthal, z. B. im Floitenthal<sup>1)</sup>, wo der Desmin von Apatit, Periklin, Adular, Thulit, Glimmer, Chlorit begleitet ist, als auch für das Fehlen derselben an den anderen neuen Fundorten; z. B. findet sich nach v. Zepharovich<sup>2)</sup> neben dem Desmin am Hasenkar im Sondergrund nur Calcit.

### 3. Heulandit, Brooke. (Stilbit, Haüy.)

$a : b : c = 0,4035 : 1 : 0,42929$ ,  $\beta = 88^{\circ}34\frac{1}{2}'$  Dana<sup>3)</sup>. Hintze<sup>4)</sup> giebt  $a$  etwas genauer mit  $0,40347$ , die übrigen Werthe gleich Dana; Phillips-Miller<sup>5)</sup> nimmt das gleiche Axenverhältniss wie Dana an, wählt aber die Aufstellung so, dass der Krystall gegenüber der Aufstellung Dana's um  $180^{\circ}$  nach der  $c$ -Axe gedreht erscheint; Des Cloizeaux<sup>6)</sup> stimmt in der Aufstellung mit Dana überein, nimmt aber die  $c$ -Axe doppelt so gross. Alle Angaben dieser Autoren sind richtig berechnet. Für das etwas abweichende Axenverhältniss von Jeremejew<sup>7)</sup> sind aus dem citirten Referate die Grundwinkel nicht ersichtlich; die Originalarbeit war mir nicht zugänglich. Die neue, mit Beziehung auf die Desmingruppe gewählte Auf-

1) Brezina, Tscherm. Miner. Mitth. 1877, S. 98; Cathrein, Tscherm. Min. u. petr. M. 10, 390.

2) Diese Zeitschr. 9, 308; Min. Lex. f. d. Kaiserth. Oesterr. 3, 79.

3) The Syst. of Min. 1892, S. 574.

4) Handb. d. Min. S. 4749.

5) An elem. Introd. to Min. 1852, S. 438.

6) Man. de Min. S. 425.

7) Verh. d. russ. miner. Ges. 2. Ser. 13, 389; ref. diese Zeitschr. 2, 503.

stellung von Rinne<sup>1)</sup> hat zwar viel für sich, doch ist es wohl vorderhand noch vorzuziehen, die in dem verbreiteten Werke von Dana angegebenen Constanten beizubehalten.

Die Messungen sind auch hier ungenau, weil die Flächen fast immer mehrere Bilder geben.

Die Krystalle, welche tafelig nach  $\{010\}$  oder nach allen Richtungen ziemlich gleichmässig oder seltener tafelig nach  $\{201\} - 2P\infty$  entwickelt sind, zeigen die Combination  $M\{010\} \infty R\infty$ ,  $N\{201\} - 2P\infty$ ,  $P\{201\} + 2P\infty$ ,  $T\{001\} 0P$ , seltener  $z\{110\} \infty P$ .  $\{010\}$  oder  $\{201\}$  sind am grössten ausgebildet,  $\{001\}$  und  $\{201\}$  kleiner, ziemlich gleichgross,  $\{110\}$  tritt nur in sehr kleinen, oft bloss an einer Seite vorhandenen Dreiecksflächen auf. Die Resultate der Messungen giebt folgende Tabelle:

Form	Kante	Zahl der gemessenen		Grenzwerthe		Mittel	Berechnet
		Krystalle	Kanten				
$\{201\} + 2P\infty$	$(001):(\overline{201})$	2	2	66° 12'	66° 54'	66° 29½'	66° 0'
$\{201\} - 2P\infty$	$(201):(\overline{201})$	2	2	49 48	49 54	49 37½	50 20
$\{110\} \infty P$	$(201):(110)$	4	4	—	—	32 24	32 44
	$(201):(\overline{110})$	4	4	—	—	32 49	33 7

Der Heulandit ist farblos, wasserhell, auf  $\{010\}$ , der Fläche sehr vollkommener Spaltbarkeit, ausgezeichnet perlmutter-, sonst glasglänzend. Die Härte beträgt gegen 4. Die Lichtbrechung und besonders die Doppelbrechung sind schwach. Die Spaltungsblättchen zeigen sich aus mehreren nach verschiedenen Richtungen auslöschenden Sektoren zusammengesetzt, an den Rändern läuft eine aus parallelen Streifen zusammengesetzte ziemlich breite Zone herum, welche anders auslöscht als der mittlere Theil. Dieselben Verhältnisse wurden von Rinne<sup>2)</sup> an Krystallen von Viesch in Wallis in ausgezeichneter Weise gesehen.

Beim Aufschluss mit Salzsäure bleibt ziemlich viel gallertige Kieselsäure; Thonerde und oxalsaurer Kalk, mit denselben Eigenschaften wie bei Chabasit und Desmin, fallen in ungefähr gleicher, im Verhältniss zur Kieselsäure bedeutend geringerer Menge, entsprechend der normalen Zusammensetzung des Heulandit nach Dana a. a. O.:  $SiO_2 = 59,2$ ;  $Al_2O_3 = 16,8$ ;  $CaO = 9,2$ .

Der Heulandit findet sich hauptsächlich im Pitzthal; meistens in kleineren blätterigen Aggregaten von undeutlichen Krystallen, welche etwa 8 mm lang, 4 mm breit sind, seltener in einzelnen, deutlichen Krystallen;

1) Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1892, 1, 42; ref. diese Zeitschr. 2, 503.

2) Ebenda 1887, 2, 30 ff.; ref. diese Zeitschr. 15, 630.

der grösste und schönste derselben misst ungefähr 2 mm nach der  $b$ -Axe und nach der Kante  $\{204\}:\{010\}$ , nach der dritten Richtung etwa die Hälfte. Der Heulandit kommt sowohl auf sehr hornblendereichem als auch auf ganz lichtem Gestein vor und ist meistens eng mit Desmin, Apophyllit und Thomsonit verbunden. Im Tulfenthal tritt er nur in ganz kleinen Kryställchen neben Chabasit und Desmin, in Begleitung von Feldspath, Epidot und Apatit auf, im Stubai bildet er Krusten mit zahlreichen winzigen Kryställchen, neben Desmin.

Die verhältnissmässig flächenarme Combination, welche der Heulandit hier zeigt, ist fast allen Vorkommnissen in den Alpenschiefen gemeinsam, dagegen ist er nur selten so rein und durchsichtig wie hier, so am Weissen-  
eck im Hollersbachthal<sup>1)</sup> und an wenigen Schweizer Fundorten, worunter besonders ein prächtiges neues Vorkommniss am Viescher Gletscher zu erwähnen ist. Von den alten Drusenmineralien ist er, wie im Pitzthal, fast regelmässig begleitet.

#### 4. Skolezit.

Monoklin.  $a : b : c = 0,97636 : 1 : 0,34338$ ,  $\beta = 89^\circ 48'$  Dana<sup>2)</sup> nach Flink<sup>3)</sup>; Hintze<sup>4)</sup>. Bei Dana sind zwar nur zwei Grundwinkel durch ein \* kenntlich gemacht, die Winkel sind jedoch alle übereinstimmend mit dem Axenverhältnisse angegeben. Luedecke<sup>5)</sup> berechnet einige neue Axenverhältnisse, schlägt aber schliesslich doch vor, das von Rose beizubehalten; Rose hat jedoch seine Messungen an kalknatronhaltigen Mesotypen ausgeführt. Zepharovich<sup>6)</sup> berechnet aus »genauen Messungen« an 20 vorzüglichen Krystallen das Axenverhältniss  $a : b : c = 0,9753 : 1 : 0,3435$ ,  $\beta = 89^\circ 0' 26''$ ; es ist aber dabei in der Berechnung von  $c$  und  $\beta$  ein Fehler unterlaufen; denn aus den von Zepharovich angegebenen Grundwinkeln fand ich durch genaue und controlirte Rechnungen  $a : b : c = 0,9753 : 1 : 0,34345$ ,  $\beta = 89^\circ 9' 45''$ . Die von Flink aufgestellten Constanten sind also jedenfalls denen von Luedecke und Zepharovich vorzuziehen. Die Angaben von Des Cloizeaux<sup>7)</sup> wurden ebenfalls geprüft und als richtig befunden.

Trotz der Kleinheit der Krystalle geht das Messen leicht von statten, da die Flächen Bilder von idealer Schärfe geben.

Die dünnsäuligen Kryställchen zeigen die Formen  $\{110\} \infty P$ ,  $\{111\}$  —  $P$ . An dem Ende eines Säulchens wurden vier Pyramidenflächen

1) Weinschenk, diese Zeitschr. **26**, 507.

2) The Syst. of Min. 1892, S. 604.

3) Öfversigt af K. Vet.-Akad. Förhandl. Bihang 1887, **13** (2), No. 8; refer. diese Zeitschr. **15**, 93.

4) Handb. d. Min. S. 4698.

5) Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1884, **2**, 4; ref. diese Zeitschr. **6**, 340.

6) Diese Zeitschr. **8**, 588.

7) Man. de Min. S. 386.

beobachtet. Sie waren jedoch zu klein, um entscheiden zu können, ob sie der positiven und negativen Pyramide eines einfachen Krystalles — welche ja nahezu gleiche Neigung haben — oder der negativen Pyramide an zwei nach {100} verzwillingten Individuen entsprechen. Folgende Winkelgrößen wurden gemessen:

Form	Kante	Zahl der gemessenen		Grenzwerthe		Mittel	Berechnet
		Krystalle	Kanten				
{110} $\infty P$	(110):(110)	2	2	91° 18'	91° 36'	91° 26½'	91° 26½'
	(110):(110)	2	2	—	—	88 36	88 33½
{111} $-P$	(110):(111)	4	4	63 18	63 24'	63 22½	63 44½

Zwillingbildung wurde optisch an einem einzigen Spaltungsblättchen nach {110} beobachtet. Dasselbe war durch die Zwillingnaht in zwei gleichgrosse Hälften getheilt; die Auslöschungsrichtungen bildeten mit der Zwillingnaht nach entgegengesetzten Seiten je einen Winkel von 10°, resp. 13°. Die Zwillingsebene liegt, wie sich durch Aenderung der Einstellung des Mikroskopes leicht nachweisen liess, schief zur Spaltungsebene. Das alles entspricht den betreffenden Eigenschaften des Skolezit: Spaltbarkeit nach {110}, Zwillingbildung nach {100}.

Die Kryställchen sind farblos, wasserhell, sehr schön glasglänzend. Die Spaltbarkeit nach {110} ist nicht besonders deutlich. Licht- und Doppelbrechung sind schwach. Die Auslöschungsschiefe auf {110} beträgt 10°—18°, im Mittel 15½° zur *c*-Axe. Dadurch, sowie durch die erwähnte Zwillingbildung, ist ausgeschlossen, dass das Mineral rhombischer Natrolith wäre; es kann auch nicht monokliner Natrolith sein, da derselbe nach Rosenbusch<sup>1)</sup> höchstens 5° Auslöschungsschiefe hat, noch auch Mesotyp, der nach Hintze<sup>2)</sup> fast gerade auslöscht.

Eine chemische Analyse war mangels hinreichenden Materiales nicht möglich; übrigens genügen die krystallographisch-optischen Merkmale zur Bestätigung von Skolezit.

Das Mineral findet sich an mehreren Stufen in Form zierlicher Nadelchen, bis ½ cm lang und etwa ¼ mm dick, die meistens mit beiden Enden Desminkrystallen aufliegen, selten ist ein Ende mit der Pyramide frei entwickelt.

Aus den Schiefern der Tiroler Alpen ist bisher nur das Vorkommen von Skolezit im Gneiss des Sondergrundes<sup>3)</sup> bekannt, wo er aber nur in geometrisch nicht bestimmten Faserbündeln und feinen Nadeln auftritt.

1) Mikrosk. Physiogr. der petr. wicht. Min. 1892, S. 493.

2) Handb. d. Min. S. 1706.

3) Zepharovich, diese Zeitschr. 9, 308. — Min. Lex. f. d. Kais. Oest. 3, 232.



Da er auch sonst in den Schieferalpen nur an wenigen Orten der Schweiz gefunden wurde, gewinnt das neue Vorkommen an Interesse. Dasselbe ist allen anderen gegenüber durch das Fehlen der alten Drusenminerale gekennzeichnet.

### 5. Apophyllit.

Auf einer Stufe von Pitzthal fand sich, in einem blättrigen Aggregate mit Desmin, Heulandit und Thomsonit eng verbunden, in sehr geringer Menge ein zeolithisches Mineral, welches wohl als Apophyllit gedeutet werden muss.

Eine goniometrische Bestimmung war nicht durchführbar, da ausser der Spaltfläche  $\{001\}OP$  keine Flächen erkennbar sind; zu einer chemischen Prüfung konnte das Mineral zu wenig vollkommen von den anderen getrennt werden; makroskopisch ist überhaupt nur die vollkommene Spaltbarkeit am Perlmutterglanz zu erkennen. Das Mineral liess sich deshalb nur in Pulverproben unter dem Mikroskope mit Sicherheit von den anderen unterscheiden und untersuchen. Die Fläche vollkommener Spaltbarkeit, auf der die farblosen, wasserhellen Blättchen fast stets liegen, ist quadratisch begrenzt; nach den Rändern verläuft, nach beiden aufeinander senkrechten Richtungen gleichwerthig, eine zur ersteren senkrechte, sehr schwache Spaltbarkeit. Das stimmt genau für Apophyllit, welcher vollkommen nach  $\{001\}OP$ , sehr schwach nach  $\{100\}\infty P\infty$  spaltet. Licht- und Doppelbrechung sind sehr schwach. Die seltenen Spaltungsblättchen nach  $\{100\}$  zeigen gerade Auslöschung, die nach  $\{001\}$  aber sind, im scharfen Gegensatz zu den anderen Zeolithen, mit denen sie im Pulver gemischt erscheinen, fast vollkommen isotrop; nur bei genauerem Zusehen erkennt man eine schwache Aufhellung mit dunkelbläulichen Polarisationsfarben und Auslöschung nach den Diagonalen. Diese optische Anomalie ist ebenfalls für Apophyllit charakteristisch; so erwähnt z. B. Doelter<sup>1)</sup>, dass er »zweiaxigen« Apophyllit untersucht habe; eine Zusammenstellung aller diesbezüglichen Forschungsergebnisse giebt Klein<sup>2)</sup> als Einleitung zur unten angeführten Arbeit.

Durch die angeführten Eigenschaften ist das Mineral zweifellos als Apophyllit bestimmt.

### 6. Thomsonit, Brooke. (Comptonit, Brewster.)

$a:b:c = 0,99324:4:1,00662$  Dana<sup>3)</sup> und Hintze<sup>4)</sup> nach Brögger<sup>5)</sup>. Da Brögger sich sehr eingehend mit Thomsonit beschäftigt hat<sup>6)</sup> und sein

1) Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1890, **1**, 423. Ref. diese Zeitschr. **21**, 451.

2) Sitzungsber. d. kgl. preuss. Akad. d. Wiss. 1892, S. 217 ff., abgedr. Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1892, **2**, 465 ff. Ref. diese Zeitschr. **24**, 493.

3) The Syst. of Min. 1892, S. 607.

4) Handb. d. Min. S. 4660.

5) Låven, Langesund-Fiord, Norw. Diese Zeitschr. 1890, **16**, 644.

6) Siehe auch Ref. in dieser Zeitschr. **2**, 289.

Axenverhältniss, wie von mir controlirt wurde, fehlerfrei berechnet und von anderen Autoren wie Dana, Hintze und Groth<sup>1)</sup> in ihre verbreiteten Werke aufgenommen ist, so empfahl es sich am meisten zur Annahme. Die Angaben von Des Cloizeaux<sup>2)</sup>, der ein anderes Axenverhältniss annimmt, wurden ebenfalls geprüft und als richtig erkannt. Bei Hintze a. a. O. ist, wohl durch einen Druckfehler, angegeben:  $\{0.4.48\}:\{010\} = 1^{\circ}42'$ ; es soll heissen  $\{0.4.48\}:\{001\} = 1^{\circ}42'$ .

Die Constatirung des Thomsonit war mit grösseren Schwierigkeiten verbunden und erforderte besondere Vorsicht. Denn, wie bereits erwähnt, findet er sich zum Theil in winzigen Kryställchen in engster Verbindung mit Desmin, und zwar mit einer Varietät desselben, welche dem Thomsonit täuschend ähnlich sieht, indem die geometrische Form der Desminkrystalle durch die ausnahmsweise grosse Entwicklung von  $\{\bar{1}01\} + P\infty$  (rhombisch  $\{001\}0P$ ) von der Combination  $\{100\}\infty\bar{P}\infty$ ,  $\{010\}\infty\bar{P}\infty$ ,  $\{0.4.48\}_{\frac{1}{3}}\bar{P}\infty$  des Thomsonit kaum zu unterscheiden ist. Die sehr flache Zwillingsskante  $(\bar{1}01):(\underline{1}0\bar{1})$  bei Desmin ist zwar theoretisch einspringend (bei der früher entwickelten Annahme von Appositionszwillingen wäre sie am einen Ende allerdings ausspringend), kann jedoch durch die Zwillingbildung verändert sein und wird sich überhaupt von der gleichfalls sehr stumpfen ausspringenden Kante  $(0.4.48):(\underline{0}.\bar{1}.48)$  bei Thomsonit im Mikroskope kaum sicher unterscheiden lassen. Die Kante verläuft allerdings bei Desmin parallel zur *b*-Axe, bei Thomsonit parallel zur *a*-Axe; allein die Beurtheilung dieses Umstandes setzt die genaue Kenntniss der Spaltbarkeitsverhältnisse in der Probe voraus, wodurch dieselbe ohnedies schon bestimmt ist; die beiden Beobachtungen neben einander haben aber doch den Werth, dass sie sich gegenseitig ergänzen, bestätigen und controliren. Die Härte wäre zwar ein gutes Unterscheidungsmerkmal, da sie bei Desmin = 3,5—4, bei Thomsonit aber = 5—5,5 ist; sie liess sich jedoch an den winzigen Kryställchen nicht erproben, ebenso wenig konnten Spaltbarkeit und Glanz sicher erkannt werden. Beide Mineralien sind farblos, wasserhell, haben schwache, einfache Lichtbrechung. Die Stärke ihrer Doppelbrechung ist zwar sehr verschieden<sup>3)</sup>, doch sind die durch Pulverisiren erhaltenen Spaltblättchen noch immer zu wenig fein, um nach dem Unterschiede in der Intensität der Polarisationsfarben eine Entscheidung fällen zu können; die Farben zeigen bei gleicher Feinheit der Probe die gleiche Lebhaftigkeit. Beide Mineralien kommen in ganz gleicher Weise als Kruste mit zahlreichen gleichgrossen Kryställchen vor. Eine getrennte chemische Analyse wird durch ihre enge Mischung unmöglich gemacht.

1) Tabellar. Uebers. d. Miner. nach d. krystallogr.-chem. Bez. S. 144.

2) Man. d. Min. S. 374.

3) Rosenbusch, Mikr. Phys. d. petr. wicht. Min. 1892, S. 494 u. 624.

Ein weiterer Grund zu grosser Vorsicht und Kritik ist der Umstand, dass sich in der Literatur nirgends ein Vorkommen von Thomsonit in Schiefern (der Alpen wenigstens) verzeichnet findet; auch Dana und Hintze erwähnen a. a. O. nur sein Vorkommen in Lava und anderen Eruptivgesteinen.

Die Messungen konnten von einer Säulenfläche zur anderen nur als Schimmermessungen durchgeführt werden, da keine klaren Bilder erhalten werden konnten. Es war jedoch zu erkennen, dass die Bilder auf je zwei aneinander stossenden Säulenflächen ziemlich verschieden sind; diese sind also als Pinakoide, nicht als Prisma aufzufassen. Bei der Messung vom Doma zum Pinakoid standen beiderseits klare Bilder zu Gebote, auf dem Pinakoid zwar mehrere nebeneinander liegende, die aber die Genauigkeit der Messung nicht merklich beeinträchtigten. Dieses verschiedene Verhalten des Pinakoids bei der Messung nach den zwei Zonen ist wohl durch die Spaltbarkeit oder Riefung bedingt.

Die nach  $c$  kurzsäulenförmigen Krystalle zeigen die erwähnte Combination  $\{100\} \infty \bar{P}\infty$ ,  $\{010\} \infty \bar{P}\infty$ ,  $\{0.1.48\} \frac{1}{48} \bar{P}\infty$ . Die Messungen ergaben folgende Resultate:

Form	Kante	Zahl der gemessenen		Grenzwerthe		Mittel	Berechnet
		Krystalle	Kanten				
$\{100\}, \{010\}$	$(100):(001)$	2	2	88° 42'	90° 18'	89° 4½'	90° 0' 0"
$\{0.1.48\}$	$(010):(0.1.48)$	4	4	88 42	88 48	88 45	88 47 55
$\frac{1}{48} \bar{P}\infty$	$(040):(0.1.48)$	4	4	94 6	94 12	94 14	94 12 5

Aus diesen beiden ziemlich gut übereinstimmenden Messungen ergibt sich für  $(0.1.48):(0.1.48)$  der Winkel  $2^{\circ} 26'$ ; dem Axenverhältnisse entsprechend beträgt er  $2^{\circ} 24' 40''$ ; dieses Messungsergebniss kann als sehr guter Beweis für das Vorhandensein von Thomsonit gelten.

Die Flächen der farblosen, wasserhellen Krystalle zeigen, soviel sich beurtheilen lässt, eher Glas- als Perlmutterglanz, ein allerdings unsicheres Unterscheidungsmerkmal von Desmin. Etwas mehr Bedeutung kommt der Spaltbarkeit zu; auf den Hauptsplattungsflächen  $\{010\} \infty \bar{P}\infty$  projicirt sich deutlich eine zweite dazu senkrechte, gleichfalls parallel zur  $c$ -Axe verlaufende, also nach  $\{100\} \infty \bar{P}\infty$ , während die analoge Spaltbarkeit bei Desmin nach  $\{001\} 0P$  (rhombisch  $\{100\} \infty \bar{P}\infty$ ) nur sehr unvollkommen ist.

Wesentliche Beiträge zur Unterscheidung liefert die optische Untersuchung. Farblosigkeit, schwache Lichtbrechung und lebhaftes Polarisationsfarben des Pulvers sind zwar, wie bemerkt, bei den Mineralien gemeinsam; zwischen gekreuzten Nicols zerfallen jedoch die gemischten Pulverproben in zwei scharf getrennte Gruppen. Viele der Spaltungsblättchen zeigen, der

Natur des Desmin entsprechend, deutliche schiefe Auslöschung, meistens  $50^\circ$  zur  $a$ -Axe, und fast regelmässig die beim Desmin beschriebene Zwillingbildung. Zahlreiche andere Blättchen, welche ebenfalls unzweifelhaft auf der Hauptspaltungsfläche liegen, löschen haarscharf gerade aus, an denselben ist also auch niemals Zwillingbildung zu beobachten. Bestände das Pulver nur aus Desmin, so wäre es nicht denkbar, dass so viele Blättchen gerade Auslöschung zeigten, also auf der sehr unvollkommenen Spaltungsfläche  $\{001\}$  lägen; es muss vielmehr das Pulver ein Mineral enthalten, welches auf der Hauptspaltungsfläche gerade auslöscht. Noch markanter wäre diese optische Unterscheidung freilich dann, wenn Durchkreuzungszwillinge von Desmin vorhanden wären, weil dieselben auch auf  $\{001\}$  eine Zwillingnaht, wenn auch ohne Unterschied der Auslöschungsrichtung zu beiden Seiten, zeigen müssten.

Die chemische Analyse einer Kruste, welche höchstwahrscheinlich Thomsonit und Desmin enthielt, gab ähnliche Resultate wie Desmin; sie reichte also wenigstens hin zu beweisen, dass das mit dem Desmin vorkommende Mineral mit ihm chemisch nahe verwandt ist; das ist in der That der Fall bei Thomsonit, der sich qualitativ nur durch geringen Natrongehalt, quantitativ durch das Verhältniss von  $Si : Al : Ca$  von ihm unterscheidet.

Von den am fraglichen Mineral beobachteten Eigenschaften passen also einige nicht auf Desmin, alle aber stimmen genau mit der Natur des Thomsonit überein; besonders ist es das Doma  $\{0.1.48\}_{\frac{1}{8}}\bar{P}\infty$ , welches ganz allein dem Thomsonit zukommt. Nach alledem kann das Vorkommen des Thomsonit an dieser Stelle als bewiesen gelten.

Die grosse Aehnlichkeit, welche Thomsonit und Desmin hier zeigen und die bedeutende Schwierigkeit ihrer Unterscheidung legt die Vermuthung nahe, dass wohl auch an anderen Fundorten, z. B. in den Eruptivgesteinen Südtirols, ähnliche Verhältnisse obwalten, welche vielleicht schon zu Verwechslungen geführt haben, so dass für manche Vorkommen der beiden Mineralien eine Ueberprüfung in diesem Sinne wünschenswerth wäre.

Der Thomsonit findet sich, eng mit Desmin verbunden, auf wenigen Stufen aus dem Pitzthal in Form dünner Krusten mit zahlreichen winzigen, lebhaft glänzenden Kryställchen, von denen im Einzelnen ohne mikroskopische oder goniometrische Prüfung nicht erkannt werden kann, ob sie dem einen oder anderen Mineral angehören. Ausserdem müssen als Thomsonit wahrscheinlich auch zwei derbe, trübe, grobfaserige, theilweise mit anderen Zeolithen gemengte Aggregate von demselben Fundorte bezeichnet werden; aus einem derselben ragen mehrere grössere schlechte Krystalle, rechtwinklig scheinende Säulen mit flach convex gekrümmter Endfläche, hervor.



## 7. Prehnit.

$a:b:c = 0,842 : 1 : 1,1272$ ; Beutell<sup>1)</sup>. Dieses auch von Hintze<sup>2)</sup> angenommene Axenverhältniss wurde von Beutell auf Grund sehr genauer Messungen, welche im Maximum nicht über 4' differirten, richtig, wie von mir controlirt wurde, berechnet. Da die Messungen, welche Streng<sup>3)</sup> seinem Axenverhältnisse zu Grunde legte, Schwankungen von 10'—15' zeigen, ist wohl das erstere vorzuziehen. Dana<sup>4)</sup> giebt unter Hinweis auf die erwähnte Arbeit von Streng  $a:b:c = 0,84009 : 1 : 0,55494$  an; Streng selbst jedoch hat  $a:b:c = 0,84009 : 1 : 1,10988$ , also  $c$  doppelt so gross wie Dana. Die Axenverhältnisse von Dana und Des Cloizeaux<sup>5)</sup>, sowie die wichtigsten Winkel, auch von Hintze, habe ich umgerechnet und richtig gefunden.

Bei der Messung in der Prismenzone waren die Bilder ziemlich schön, scharf; bei der Messung von {001} zu {110} traten auf {110} mehrere Bilder innerhalb 3° auf.

Die nach der Basis tafeligen Krystalle zeigen die Formen {001}0*P*, {110}∞*P*, {010}∞ $\bar{P}$ ∞, {100}∞ $\bar{P}$ ∞. Der goniometrisch untersuchte Krystall hatte nur {001} und {110}; {010} ist häufig an sehr kleinen Kryställchen als symmetrische Abstumpfung der spitzen Prismenkante makroskopisch erkennbar; {100} wurde nur im Mikroskope beobachtet. Von den in der Tabelle verzeichneten Messungen wurden die zwei letzten im Mikroskope ausgeführt.

Form	Kante	Zahl der gemessenen		Grenzwerthe		Mittel	Berechnet
		Krystalle	Kanten				
{110}∞ <i>P</i>	(110):(1 $\bar{1}$ 0)	1	1	—	—	80° 6'	80° 11' 40"
{001}0 <i>P</i>	(110):(001)	1	1	88°	94°	89 30	90 0 0
	(110):(010)	3	3	48	51	49 55	49 54 10
	(110):(100)	2	2	40	44	40 44½	40 5 50

Der Prehnit ist wasserhell, farblos oder grünlich, matt glasglänzend. Die Spaltbarkeit nach {001} ist unvollkommen, die Härte etwa 6, das Pulver ritzt das Objectglas. Die Lichtbrechung ist nicht besonders stark, etwas

1) Neues Jahrb. f. Min., Geol. etc. 1877, 1, 89.

2) Handb. d. Min. S. 470.

3) Neues Jahrb. f. Min., Geol. etc. 1870, S. 344 ff.

4) The Syst. of Min. 1892, S. 530.

5) Man. de Min. S. 430.

stärker als bei den Zeolithen; die Polarisationsfarben sind ziemlich lebhaft, entsprechend der kräftigen Doppelbrechung. Die Auslöschung ist im Allgemeinen diagonal zur rhombenförmigen Basis, doch zeigen sich viele Unregelmässigkeiten, nämlich verschieden auslöschende Zonen und Sektoren, was auch am Prehnit vom Floitenthal <sup>1)</sup>, von Chamounix und aus den Pyrenäen <sup>2)</sup> beobachtet wurde.

Bei der chemischen Analyse erwies sich die öfter gemachte Angabe, dass der Prehnit nach dem Glühen leichter oder gar vollständig mit Salzsäure aufschliessbar sei, als unrichtig; denn eine geglühte und eine nicht geglühte Probe wurden von der Salzsäure gleicherweise zersetzt; jedoch die weitere Behandlung nach dem Schema der Zeolithanalysen ergab bei keiner der beiden Proben reine Resultate. Der *Al*-Niederschlag zeigte eine leichte gelbliche Färbung, wohl durch *Fe*-Beimengung, *Ca* fiel in zu geringer Menge. Durch die Analyse sind gleichwohl die wesentlichen Bestandtheile des Prehnit nachgewiesen.

Jedenfalls genügen die gefundenen Eigenschaften zusammen, um den Prehnit zu constatiren.

Das Mineral ist in geringer Menge vorhanden. Es bildet in Klüften und Höhlungen einer verhältnissmässig sehr lichten Gesteinspartie vom Pitzthal dünne Krusten von geringer Ausdehnung, aus denen sich zahlreiche, zwar kleine, aber schöne Kryställchen erheben; seltener sind kleinere Gruppen von Kryställchen, welche nach *b* einen Durchmesser von 3 mm erreichen. Auf denselben sitzen öfters Chabasitkrystalle.

Aehnlich wie im Pitzthal findet sich die tafelige Entwicklung nach {001} im Gebiete der Alpenschiefer auch auf der Weidalpe am Grossvenediger <sup>3)</sup>, im Floitenthal <sup>4)</sup>, im Ratschinges <sup>5)</sup>, sowie an einigen Orten der Schweiz und Dauphiné. Die grünliche Färbung, welche hier nur theilweise und sehr schwach auftritt, ist sonst fast allgemein verbreitet; auch durch den gänzlichen Mangel der sonst fast überall vorkommenden rädchen- oder kugelförmigen Krystallaggregate tritt der Prehnit vom Pitzthal in einen gewissen Gegensatz zu den übrigen Fundorten in den Schieferalpen. Von Zeolithen wird er, wie hier, begleitet in den Fundstätten des Venedigerstockes <sup>3)</sup>, im Floitenthal <sup>4)</sup>, bei Peccia im Tessin <sup>6)</sup>, bei Auris in der Dau-

1) Foullon, Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 4889, Nr. 40, S. 497 ff.

2) Ref. über Des Cloizeaux und Mallard, Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1883, 1, 358.

3) Weinschenk, diese Zeitschr. 26, 464.

4) Cathrein, Tscherm. min. u. petr. Mitth. 10, 392. Foullon, Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1889, Nr. 40, S. 497 ff. Ref. diese Zeitschr. 20, 294.

5) Liebener und Vorhauser, Die Mineralien Tirols, S. 244 u. a. Aut.

6) Kennigott, Die Mineralien der Schweiz, S. 484 u. a. Aut.

phiné<sup>1)</sup>. Nicht selten kommt er, gleich wie hier, ohne Begleitung von alten Drusenmineralien vor, z. B. im Ratschinges<sup>2)</sup> und Pfitsch<sup>3)</sup>, mindestens ebenso häufig jedoch mit denselben; besonders reich ist diese Begleitung im Floitenthal<sup>4)</sup>.

Es erübrigt nun noch, aus der Art des Vorkommens der Zeolithe Schlüsse auf ihre Entstehungsweise und ihr Alter zu ziehen. Was zunächst das Alter betrifft, so sind die Zeolithe, sowie der Prehnit deutlich als secundäre Bildungen gekennzeichnet. Sie sind überall dem Gesteine aufgelagert; im Tulfenthal sitzen Chabasitkrystalle auf Krystallen von Feldspath, Epidot und Apatit; nicht selten tragen oder umschliessen die Zeolithe und der Prehnit Theilchen der Gesteinsbestandtheile: Hornblende, Biotit, Epidot, was mit Sicherheit darauf hindeutet, dass sie sich erst bildeten, während das Gestein schon verwitterte, und dabei die abbröckelnden Splitter der Gesteinselemente in ihre Substanz aufnahmen. Diese Annahme wird durch Analogie mit anderen Fundorten bekräftigt; so kommen z. B. im Gneiss des Floitenthales Höhlen vor, die mit Chloritpulver erfüllt sind und Laumontitkrystalle enthalten, welche ganz von Chloritschüppchen durchdrungen sind; das wird sich kaum anders erklären lassen, als dass der Laumontit in der pulverigen Masse aus einer Lösung auskrystallisirte und dabei die Chloritschüppchen umschloss. Die genetischen Verhältnisse haben im Tulfenthal einen etwas anderen Charakter, als an den übrigen Fundorten. Hier finden sich nämlich, wie erwähnt, einzelne oder zu kleinen Gruppen vereinigte Krystalle von Chabasit, Heulandit und Desmin in Höhlungen, welche durch die Anwesenheit von Feldspath, Epidot und Apatit den Charakter ursprünglicher Krystallhöhlen erhalten, umsomehr als die Feldspathkrystalle in unmittelbarem Zusammenhange mit den Feldspathlinsen des Gesteines stehen. Diese Art des Vorkommens, welche auch sonst in den Alpenschiefern hier und da zu beobachten ist, besonders deutlich im Floitenthal, lässt die Zeolithe als verhältnissmässig ältere Bildungen erscheinen, aber doch jünger als die genannten Begleitmineralien, da sie ja auf diesen vorkommen. Dagegen zeigen sich im Pitz-, Stubai- und Pusterthal die Zeolithe deutlich als allerjüngste Bildungen; sie erscheinen als ganz dünne Häute, feine strahlige Aggregate oder dickere Krusten mit deutlichen Krystallen auf den Kluftflächen des Gesteines, seltener in kleinen Höhlungen, wo alle alten Begleitmineralien fehlen. Dies ist auch die Art und Weise, wie die Zeolithe in den Schiefern der Alpen gewöhnlich auftreten.

1) Traube, Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w., Beil.-Bd. 9, S. 95.

2) Liebener und Vorhauser, Die Mineralien Tirols, S. 244 u. a. Aut.

3) Ebenda. Nachtrag S. 28 u. a. Aut.

4) Cathrein, Tscherm. min. u. petr. Mitth. 10, 392. Foullon, Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1889, Nr. 40, S. 497 ff.

Als ungefähr gleichaltes Begleitmineral der Zeolithe ist nur der Calcit im Pitzthal anzuführen. Er ist etwas älter als der Chabasit, da sich Ueberzüge von Chabasit auf derben, das Gestein bedeckenden Calcitkrusten finden; Calcit und Prehnit kommen gemischt als Ausfüllung von schmalen Klüften vor, sind also gleich alt. In ähnlicher Weise findet sich der Calcit an vielen verwandten Fundorten als etwas älteres, gleichaltes oder auch jüngeres Begleitmineral. So hat sich z. B. der Desmin vom Hasenkar im Sondergrund nach Zepharovich<sup>1)</sup> auf Kosten älterer Calcitkrystalle gebildet; der Laumontit begleitete nach Elterlein<sup>2)</sup> in der Höllensteinklamm des Floienthales die Entstehung des Calcits in ihrer ganzen Dauer; Calcit ist im Gasteinthal dem Heulandit und Desmin aufgelagert<sup>3)</sup>.

Die Zeolithe sind häufig so enge untereinander gemengt, dass man nur eine gleichzeitige Bildung annehmen kann. Der Heulandit wird theilweise von Apophyllit und Thomsonit bedeckt, ist also etwas älter. Chabasitkrystalle sitzen öfters dem Prehnit, und die Skolezitnadeln durchwegs dem Desmin auf, so dass also Chabasit und Skolezit jedenfalls als jüngere Bildungen dem Prehnit, resp. Desmin gegenüber anzusehen sind.

Nun fragt es sich noch, woraus und wie die Zeolithe und der Prehnit entstanden sind. Ihre Substanz kann, da sie von anderen Mineralien nur in sehr geringer Menge oder gar nicht begleitet sind, nur unmittelbar dem Gestein entnommen sein; dasselbe ist auch vollkommen geeignet, die Stoffe zur Bildung der Zeolithe zu liefern; dieselben sind ja fast ausschliesslich Silicate von *Ca*, *Al*, selten auch von *K*, *Na*; alle diese Elemente sind aber in den Hauptbestandtheilen des Gesteins: Hornblende, Feldspath, Quarz und Glimmer in reicher Menge vorhanden.

Die Entstehung der Mineralien durch Contactwirkung erscheint so ziemlich ausgeschlossen, da alle Fundorte mitten im Schiefergestein liegen. Man muss vielmehr sich vorstellen, dass sie durch Absatz aus dem das Gestein durchsickernden Wasser sich bildeten; diese Annahme bietet keine Schwierigkeit, nachdem einerseits bekannt ist, dass die Bodenwässer stets viel Kohlensäure mit sich führen, anderseits durch viele Beobachtungen nachgewiesen ist, dass das kohlensäurehaltige Wasser die meisten Mineralien, darunter auch die erwähnten Gesteinsgemengtheile, wenigstens theilweise zu lösen im Stande ist, dass es z. B. den Feldspathen Kieselsäure, Alkalien, Kalk und Thonerde entzieht, welche bei Verminderung der Lösekraft des Wassers, z. B. durch Verdunsten, in neuen Verbindungen aus-

1) Diese Zeitschr. 9, 308.

2) Diese Zeitschr. 17, 282.

3) Fugger, Die Min. d. Herzogth. Salzbg. S. 99. Zepharovich, Min. Lex. f. d. Kais. Oest. 1, 422.



krystallisiren. Für diese Theorie der Entstehung spricht auch die beschriebene Lagerungsweise.

Ein kurzer Rückblick auf die mitgetheilten Untersuchungen lässt als Hauptergebnisse derselben Folgendes erkennen:

1. Es wurden im Tulfenthal Chabasit, Heulandit und Desmin; im Pitzthal Chabasit, Desmin, Heulandit, Skolezit, Apophyllit, Thomsonit und Prehnit; im Stubaithal Desmin und Heulandit; im Pusterthal Chabasit und Desmin gefunden; diese Vorkommnisse sind sämmtlich neu und besonders dadurch interessant, dass über Zeolithe aus diesen Gebieten überhaupt bisher äusserst wenig bekannt ist.

2. Das Muttergestein ist im Pusterthal Quarzphyllit, an den anderen Fundstellen ein meistens sehr hornblendereicher Schiefer; die Hauptbestandtheile des letzteren sind Hornblende, Feldspath, Quarz und Biotit, accessorische Gemengtheile Muscovit, Epidot, Granat, Pyrit, Titanit, Rutil.

3. Als Begleitmineralien finden sich Feldspath, Apatit und Epidot, denen gegenüber die Zeolithe als jüngere Bildungen erscheinen, ferner Calcit, der sich ungefähr gleichzeitig mit ihnen gebildet hat.

4. Chabasit ist sehr reichlich vorhanden; er zeigt nur das Grundrhomboëder, überall die gewöhnlichen Zwillinge nach  $OR$ , im Tulfenthal aber ausserdem die sonst sehr seltenen  $R$ -Zwillinge in grosser Zahl.

5. Desmin kommt häufig vor in Krystallen der gewöhnlichen Combination;  $\{104\}$  (rhombisch  $\{040\}$ ) ist theilweise ausnehmend gross. Auffallender Weise zeigen die Zwillinge von der bekannten Form auf  $\{040\}$  immer nur eine Zwillingssnaht  $\parallel$  zur  $a$ -Axe; dies lässt sich durch die Annahme einfacher Appositionsverzwilligung nach  $(004)$  erklären, die beiderseitige Entwicklung der pseudorhombischen Pyramide aber ergäbe sich dann durch Substitution einer Pyramide  $\{112\}$ , welche zu  $\{004\}$  und  $\{040\}$  die Neigungen von  $\{110\}$  hat.

6. Heulandit findet sich nicht sehr reichlich in farblosen, durchsichtigen Krystallen der einfachen Combination  $\{040\}$ ,  $\{204\}$ ,  $\{204\}$ ,  $\{004\}$ , wozu öfters noch  $\{110\}$  kommt.

7. Der sonst besonders in den Schiefen seltene Skolezit tritt als jüngste Bildung in wenigen wasserklaren Nadelchen mit  $\{110\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{111\}$ ? und Zwillingbildung nach  $\{100\}$  auf.

8. Apophyllit fand sich nur sehr spärlich, ohne deutliche Krystalle, aber doch sicher bestimmbar.

9. Besonders interessant ist das Vorkommen von Thomsonit, welches, so viel mir bekannt wurde, für die Schiefergesteine neu ist. Die ziemlich zahlreichen Kryställchen der Combination  $\{040\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{01.48\}$  sind mit Desmin von täuschend ähnlichem Typus eng gemischt, so dass die Unter-

scheidung schwierig ist; auf Grund der Spaltbarkeit und Auslöschung kann sie jedoch hier, wie in allen Fällen, sicher vorgenommen werden.

10. Prehnit wurde in geringer Menge gefunden, als ältere Bildung den Zeolithen gegenüber, in farblosen, seltener schwach grünlichen Krystallen {001}, {110}, {010}, {100}, nach {001} tafelig, ohne die gewöhnlichen rädchen- und kugelförmigen Aggregate.

Die Zeolithe kommen nur im Tulfenthal in primären Drusenhöhlen alter Mineralien vor. An den anderen Fundorten haben sie als Spaltausfüllungen den Charakter allerjüngster, zum Theil noch in Entstehung begriffener Bildungen. Sie sind als Absatzproducte der Bodenwässer anzusehen.

---

## XV. Die chemische Zusammensetzung und das specifische Gewicht des Sulfoborits.

Von

Konstantin Thaddéeff in Aachen.

---

Von den neu entdeckten Mineralen ist der interessantesten eines unzweifelhaft der Sulfoborit von Westeregeln. Die erste chemische Analyse dieses Minerals rührt von den Herren A. Naupert und W. Wense<sup>1)</sup> her, welche die Schwefelsäure, die Magnesia und das Wasser auf directem Wege, die Borsäure dagegen aus der Differenz bestimmten. Da diese Analyse gegen die aufgestellte Formel in der Borsäure ein Fehlen von 4,88 %, dagegen einen Ueberschuss von 4,79 % im Wassergehalte ergab, so war eine Controlanalyse natürlich wünschenswerth. Herr Prof. Bücking in Strassburg, welchem wir eine vollständige krystallographische Beschreibung des Sulfoborits verdanken, hatte daher, unter Aufwand grosser Mühe, 2 g des Minerals ausgesucht und sie mir, auf meine Bitte hin, zu Verfügung gestellt.

### Bestimmung des specifischen Gewichtes.

Da der Sulfoborit beim Kochen mit Wasser zersetzt wird, so war ich gezwungen, sein specifisches Gewicht mit Hülfe des Pyknometers in Benzol zu bestimmen. Um aber für diese verhältnissmässig schwierige Bestimmung eine Controle zu haben, stellte ich Versuche mit der sogen. Schwebemethode an, welche dem verstorbenen Retgers<sup>2)</sup> so ausgezeichnete Resultate ergeben hatte. Das benutzte Pyknometer war genau desselben Baues wie dasjenige, welches ich bei den Bestimmungen der specifischen Gewichte der Olivine verwendete<sup>3)</sup>.

---

1) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1893, S. 874; Sitzungsberichte der Akademie d. Wissensch. zu Berlin 1893, S. 967. Ref. in dieser Zeitschr. 25, 624 u. 622.

2) Zeitschr. f. physik. Chem. 1889, 3, 497—561.

3) Diese Zeitschr. 1896, 26, 34.

### a. Bestimmung des specifischen Gewichtes mit Hülfe des Methylenjodids.

Zu diesem Zwecke bediente ich mich eines kleinen Trichters, dessen Ende mit einem Gummischlauche, an welchem ein Quetschhahn, versehen war. In den Trichter wurde Methylenjodid eingegossen, und ein durchsichtiger Krystall des Sulfoborits hineingebracht. Durch Zusatz von Benzol wurde das specifische Gewicht des Methylenjodids soweit verringert, dass das Kryställchen entweder langsam sank oder langsam aufschwamm oder in der Flüssigkeit ruhig schwebte. Sobald einer dieser Zustände abgepasst war, liess ich durch Oeffnen des Quetschhahnes die Flüssigkeit in das Pyknometer fliessen, schloss und trocknete dieses sorgfältig ab und wog es.

Das Gewicht des Pyknometers mit Wasser bei 20° C. betrug im Mittel aus zehn Bestimmungen, deren Schwankungen höchstens  $\pm 0,0005$  g erreichten, 18,9700 g; das Gewicht des leeren Pyknometers 13,3833 g.

Da sich sowohl Methylenjodid, als auch Benzol rasch verflüchtigen, so konnte ich die Methode der genauen Wägung, durch Schwingungsbeobachtungen bei verschiedenem Gewichte und Berechnung der Empfindlichkeit der Wage, nicht anwenden, sondern begnügte mich mit Schwingungsbeobachtungen bei einer und derselben Wägung, indem ich die Empfindlichkeit der Wage durch eine Reihe von Beobachtungen mit einem, dem mit Methylenjodid gefüllten Pyknometer annähernd gleichen Gewichte bestimmte, um daraus das wahre Gewicht zu berechnen. Die Temperatur wurde nur in dem Augenblicke des Ablassens der Flüssigkeit in das Pyknometer beobachtet. Jede Bestimmung wurde mehrere Male wiederholt. Zur Berechnung des specifischen Gewichtes bediente ich mich der in F. Kohlrausch's »Leitfaden der praktischen Physik«, 7. Aufl. 1892, angegebenen Formeln. Die Ergebnisse sind folgende:

Krystall Nr. 1:	Temp.:	Gew. d. Pyknom. mit $\text{CH}_2\text{J}_2 + \text{C}_6\text{H}_6$	Spec. Gew. d. Mischung b. d. beob. Temp. bei + 4° Mittel:		
1) stieg auf	21° C.	27,1103 g	2,458	2,451	2,449
2) - -	21,4	27,0845	2,453	2,446	
3) schwebte	20,5	27,0997	2,459	2,453	2,450
4) -	21,3	27,0873	2,454	2,447	
5) sank	21,2	26,9824	2,434	2,427	2,428
6) -	21,5	26,9815	2,436	2,429	

#### Krystall Nr. 2.

1) stieg auf	21,8	27,1205 (?)	2,460	2,453	2,446
2) - -	21	27,0612	2,449	2,443	
3) - -	20,6	27,0653	2,449	2,443	
4) - -	20,3	27,0764	2,451	2,445	



	Gew. d. Pyknom.		Spec. Gew. d. Mischung		Mittel:
	Temp.: mit $\text{CH}_2\text{I}_2 + \text{C}_6\text{H}_6$	b. d. beob. Temp. bei $+4^\circ$			
5) schwebte	20,7° C.	27,0563 g	2,448	2,442	2,444
6) -	20,8	27,0843	2,452	2,446	
7) sank	20,4	27,0544	2,445	2,439	2,4385
8) -	20	27,0359	2,444	2,438	

Die Beobachtungen am Krystalle Nr. 2 weisen Schwankungen innerhalb viel engerer Grenzen (mit Ausnahme des Versuchs 1) auf, als beim Krystall Nr. 1 und dürften daher die genaueren sein. Man sieht auch, dass die Bestimmung des spec. Gewichtes des Flüssigkeitgemisches, in welchem das Kryställchen schwebte, infolge der raschen Verflüchtigung des Benzols nicht genau ist. Schon in der kurzen Zeit, während welcher die Flüssigkeit in das Pyknometer abgelassen wurde, nahm ihr spec. Gewicht erheblich zu und erreichte jene Höhe, bei welcher das Kryställchen an die Oberfläche stieg. Aus diesem Grunde dürfte das Mittel aus den Beobachtungen an den Flüssigkeiten mit dem höchsten und niedrigsten spec. Gewichte der Wahrheit näher kommen.

Krystall Nr. 1	ergibt bei	$\frac{20,5^\circ - 21,5^\circ \text{ C.}}{+ 4^\circ \text{ C.}}$	das spec. Gew.	2,438
-	Nr. 2	$\frac{20^\circ - 21,8^\circ \text{ C.}}{+ 4^\circ \text{ C.}}$	-	2,442
oder im Mittel		$\frac{20^\circ - 21,8^\circ \text{ C.}}{+ 4^\circ \text{ C.}}$	-	2,440

für durchsichtige (frische) Sulfoboritkrystalle.

Fast denselben Werth ergaben mir Beobachtungen in demselben Methylenjodid mit Hülfe der Indicatoren von Peter Stoe (Heidelberg). Die klaren Sulfoboritkrystalle waren schwerer als Colemanit (2,422) und leichter als Leucit (2,468), was im Mittel zu 2,445 führt.

Um das Material auf seine Homogenität zu prüfen, wurden zweimal je zehn nicht ausgesuchte Krystalle genommen, und es wurde das spec. Gewicht jedes einzelnen Krystalles mit Hülfe derselben Indicatoren bestimmt. Von den ersten zehn Krystallen zeigte einer das spec. Gewicht 2,28, einer 2,33, drei 2,40, zwei 2,42 und zwei 2,445. Die anderen zehn Krystalle ergaben: für einen das spec. Gewicht 2,33, für zwei 2,40 und für sieben 2,445.

Diese Versuche zeigen auf das Deutlichste, wie unhomogen die Substanz war.

Da es aber von Interesse war, das spec. Gewicht des zur Analyse zu verwendenden Materials zu bestimmen, so nahm ich die Bestimmung im Pyknometer vor, wobei statt des Wassers, welches, wie schon bemerkt wurde, beim Kochen den Sulfoborit zersetzt, Benzol genommen wurde.

**b. Bestimmung des specifischen Gewichtes im Pyknometer mit Benzol.**

Wie leicht es auch auf den ersten Blick erscheinen mag, das spec. Gewicht in Benzol zu bestimmen, lernt man doch recht bald die Unbequemlichkeiten dieses Verfahrens kennen.

Erstens verflüchtigt sich das Benzol sehr leicht, weshalb die Wägungen sehr schnell geschehen müssen unter Berücksichtigung derselben Vorichtsmaassregeln, welche auch beim Methylenjodid beobachtet werden mussten und oben (S. 265) erwähnt worden sind.

Zweitens verändern die geringsten Beimengungen von Wasser, Toluol etc. merklich das spec. Gewicht des Benzols. Daraus erklärt es sich denn auch, dass verschiedene Beobachter zu so verschiedenen Werthen für das spec. Gewicht des Benzols gelangten. So fanden Adrieenz bei 15° C. 0,88462, Pisati und Paternò bei derselben Temperatur 0,883573, Janovsky 0,8872 und endlich Lachowicz bei  $\frac{15^0}{+4^0}$  C. für »luftfreies« Benzol 0,87868<sup>1)</sup>. Ich musste also nothgedrungen das spec. Gewicht des von mir anzuwendenden Benzols bestimmen.

Nicht ausgekochtes Benzol gab mir folgende Werthe: Gewicht des leeren Pyknometers: 10,4499 g; Gewicht des mit Wasser gefüllten Pyknometers bei 20° C.: 16,1550 g als Mittel aus 14 Beobachtungen, deren Minimum 16,1546 g und Maximum 16,1559 g war.

Temp.:	Pyknom. m. Benzol:	Spec. Gew. d. Benzols:
19,50 C.	15,4741 g	0,88057
19,7	15,4717	0,88048
20,2	15,4684	0,87968
20,5	15,4670	0,87948
20,6	15,4661	} 15,4654 g 0,87922
20,6	15,4648	
20,7	15,4654	0,87923
20,8	15,4660	0,87935
21,0	15,4626	0,87879
21,1	15,4633	0,87893
21,5	15,4617	0,87872
21,8	15,4581	} 15,4584 g 0,87819
21,8	15,4587	
21,9	15,4595	0,87840
22,1	15,4572	0,87804
22,4	15,4560	0,87788
22,5	15,4555	0,87780
23,4	15,4518	0,87732

Wie man aus diesen Werthen leicht ersehen kann, war der Stöpsel meines Pyknometers nicht genau genug eingeschliffen, so dass die Schwankungen im Gewichte bei einer Temperaturdifferenz von 0,10 C. bereits innerhalb der Fehlergrenzen lagen. Bei

1) Beilstein, Handb. d. organ. Chem., 3. Aufl., 1896, 2, 23,

den folgenden Beobachtungen verwendete ich daher ein Pyknometer mit äusserst genau eingeschliffenem Stöpsel. Allein auch die vorstehenden Beobachtungen reichten aus, um sich zu überzeugen, wie erheblich der Einfluss der Temperatur ist. Beobachtungen bei constanter Temperatur sind aber wegen der Leichtflüchtigkeit des Benzols undurchführbar. Anderentheils ist sein Ausdehnungscoefficient unbekannt, und so musste ich denn für die vorzunehmenden Correctionen zur einfachen Interpolation greifen. Zu diesem Zwecke leitete ich zunächst aus allen Beobachtungen das Gewicht des Pyknometers mit Benzol bei 20° C. ab, indem ich berücksichtigte, dass bei Erhöhung der Temperatur um 1° C. das Gewicht des mit Benzol gefüllten Pyknometers um 0,005718 g abnimmt — bei 19,5° C. ist es 15,4744 g und bei 23,4° C. 15,4518 g schwer; demnach beträgt bei Zunahme um 3,9° C. die Gewichtsabnahme 0,0223 g, oder für je 1° C. 0,005718 g. Meine achtzehn Versuche ergaben mir auf diese Weise auf 20° C. umgerechnet das Gewicht 15,4698 g, wobei das Maximum 15,4712 g und das Minimum 15,4683 g entsprach. Unter Zugrundelegung der beiden Werthe: Gewicht des Pyknometers mit Benzol bei 20° C. 15,4698 g und Abnahme des Gewichtes um 0,005718 g bei einer Temperaturzunahme um je 1° C., erhält man folgende umgerechnete Werthe:

Gewicht des Pyknometers mit Benzol.			
Temp.:	Beobachtet:	Berechnet:	Differenz:
19,5° C.	15,4744 g	15,4727 g	— 0,0017 g
19,7	15,4717	15,4715	— 0,0002
20,2	15,4684	15,4687	+ 0,0003
20,5	15,4670	15,4669	— 0,0001
20,6	15,4654	15,4664	+ 0,0010
20,7	15,4654	15,4658	+ 0,0004
20,8	15,4660	15,4652	— 0,0008
21,0	15,4626	15,4641	+ 0,0015
21,4	15,4633	15,4635	+ 0,0002
21,5	15,4617	15,4642	— 0,0025
21,8	15,4584	15,4595	+ 0,0011
21,9	15,4595	15,4589	— 0,0006
22,4	15,4572	15,4578	+ 0,0006
22,4	15,4560	15,4561	+ 0,0001
22,5	15,4555	15,4555	0,
23,4	15,4518	15,4504	— 0,0014

Die Schwankungen sind im positiven wie negativen Sinne gleich gross: in Summa  $-0,0050 \text{ g} + 0,0052 \text{ g} = +0,0002 \text{ g}$  bei 16 Beobachtungen. Sie zeigen, dass diese Berechnungsweise der Wahrheit nahe kommende Werthe ergibt, indem selbst die höchsten Abweichungen von  $\pm 0,0014 \text{ g}$  verhältnissmässig wenig das specifische Gewicht des Sulfoborits beeinflussen werden. Zur Berechnung des specifischen Gewichtes des Benzols wendete ich dasselbe Verfahren an:

Bei 20° C. wog das Pyknometer mit Benzol im Mittel 15,4698 g, woraus das specifische Gewicht des Benzols bei  $\frac{+20^\circ}{+20^\circ}$  C. = 0,87989 sein würde, da das Gewicht des Pyknometers mit Benzol bei 19,5° C. 15,4744 g und bei 23,4° C. 15,4518 g betrug, und die entsprechenden specifischen Gewichte des Benzols 0,88057 bezw. 0,87732 sind, somit einer Temperaturdifferenz von 3,9° C. eine Differenz im specifischen Gewichte von 0,00325 oder von 0,000833 auf 1° C. entspricht,

## Spec. Gewicht des Benzols.

Temp.:	Beobachtet:	Berechnet:	Differenz:
19,5 <sup>0</sup> C.	0,88057	0,88030	— 0,00027
19,7	0,88018	0,88044	— 0,00004
20,2	0,87968	0,87972	+ 0,00004
20,5	0,87948	0,87948	0
20,6	0,87922	0,87939	+ 0,00017
20,7	0,87923	0,87934	+ 0,00008
20,8	0,87935	0,87922	— 0,00013
21,0	0,87879	0,87906	+ 0,00027
21,1	0,87893	0,87897	+ 0,00004
21,5	0,87872	0,87864	— 0,00008
21,8	0,87819	0,87839	+ 0,00020
21,9	0,87840	0,87834	— 0,00009
22,1	0,87804	0,87814	+ 0,00010
22,4	0,87788	0,87789	+ 0,00001
22,5	0,87780	0,87781	+ 0,00001
23,4	0,87732	0,87706	— 0,00026

Ausgekochtes Benzol lieferte nachstehende Resultate: Gewicht des leeren Pyknometers 13,3833 g; Gewicht des Pyknometers mit Wasser bei 20° C. 18,9700 g, als Mittel aus zehn Bestimmungen mit dem Maximalwerthe 18,9705 g und dem Minimalwerthe 18,9693 g.

Temp.:	Pyknom. m. Benzol:	Spec. Gew. des Benzols:
20,00 C.	18,2970 g	0,87953
20,5	18,2944	} 18,2945 g 0,87916
20,5	18,2946	
21,5	18,2894	} 18,2895 0,87834
21,5	18,2885	
21,8	18,2870	0,87804
22,0	18,2859	} 18,2854 0,87780
22,0	18,2853	
22,0	18,2851	
22,2	18,2849	0,87775
22,6	18,2825	} 18,2824 0,87738
22,6	18,2823	
23,2	18,2789	0,87684
23,5	18,2767	0,87650
24,0	18,2747	0,87623

Der Gewichtsunterschied des Pyknometers mit Benzol ist also innerhalb eines Temperaturintervalls von 4° C. gleich 0,0223 g; auf je 1° würde demnach 0,005575 g Gewichtsabweichung kommen. Legt man diese Werthe zu Grunde, so kann man die für das Pyknometer mit Benzol für verschiedene Temperaturen gefundenen Gewichte auf 20° C. umrechnen und erhält im Mittel 18,2970 g, bei einem Minimum von 18,2962 g und einem Maximum von 18,2973 g, d. h. genau denselben Werth, welchen die Beobachtung ergab. Aus diesem Werthe nun und demjenigen, welcher die Gewichtsverminderung des mit Benzol gefüllten Pyknometers bei Erhöhung der Temperatur um 1° C. angiebt, d. h. 0,005575 g, kann das Gewicht des Pyknometers mit Benzol bei den verschiedenen Temperaturen zurückberechnet werden.



## Gewicht des Pyknometers mit Benzol.

Temp.:	Gefunden:	Berechnet:	Differenz:
20,0° C.	18,2970 g	18,2970 g	0
20,5	18,2945	18,2942	— 0,0003 g
21,5	18,28895	18,2887	— 0,00025
21,8	18,2870	18,2870	0
22,0	18,2854	18,2859	+ 0,0005
22,2	18,2849	18,2848	— 0,0001
22,6	18,2824	18,2825	+ 0,0001
23,2	18,2789	18,2792	+ 0,0003
23,5	18,2767	18,2775	+ 0,0008
24,0	18,2747	18,2747	0

Da die Beobachtungen für das specifische Gewicht des ausgekochten Benzols bei 20° C. 0,87953 g und bei 24° C. 0,87623 g ergaben, so folgt daraus bei einer Temperaturzunahme von 4° C. eine Verminderung des specifischen Gewichtes um 0,00330 oder bei einer solchen von 1° C. um 0,000825. Diese Werthe gestatten nun eine Berechnung des specifischen Gewichtes des Benzols für verschiedene Temperaturen.

## Spec. Gewicht des Benzols.

Temp.:	Gefunden:	Berechnet:	Differenz:
20,0° C.	0,87953	0,87953	0
20,5	0,87946	0,87942	— 0,00004
21,5	0,87834	0,87829	— 0,00005
21,8	0,87804	0,87805	+ 0,00001
22,0	0,87780	0,87788	+ 0,00008
22,2	0,87775	0,87772	— 0,00003
22,6	0,87738	0,87739	+ 0,00001
23,2	0,87684	0,87689	+ 0,00005
23,5	0,87650	0,87664	+ 0,00014
24,0	0,87623	0,87623	0

Der Fehler ist so gering, dass ich bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes des Sulfoborits getrost diese Berechnungsweise in Anwendung bringen konnte.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass aus meinen Versuchen für das ausgekochte Benzol ein geringeres specifisches Gewicht hervorgeht, als für das nicht ausgekochte. Die beiden einander entsprechenden Werthe für 20° C. sind: 0,87953 bzw. 0,87989. Wie ist dieser Widerspruch, dass das durch Auskochen »luftfrei« werdende Benzol statt schwerer zu werden leichter wird, zu erklären?

Herrn Dr. Rau, Privatdocenten an der hiesigen Hochschule, verdanke ich hierüber die wichtige Aufklärung, dass es nicht die Luft ist, sondern das im käuflichen Benzol stets in kleinen Mengen enthaltene Wasser, welches diese Erscheinung bedingt. Dieses Wasser entweicht beim Destilliren des Benzols gleich mit dessen ersten Fractionen, weshalb auch das specifische Gewicht des zurückbleibenden, nunmehr wasserfreien Benzols erniedrigt wird. Dieser Umstand und die Befürchtung, dass der Sulfoborit auch beim Kochen in Benzol sich theilweise zersetzen könnte, veranlassten mich, das Benzol nicht noch einmal mit dem Sulfoborit zusammen auszukochen, sondern die noch etwa anhaftende Luft durch längeres Umrühren des Sulfoborits im Pyknometer mit einem Platindrahte zu vertreiben.

Die Ergebnisse der Beobachtungen waren folgende: Gewicht des leeren Pyknometers 13,3833 g; Gewicht des mit Wasser gefüllten Pyknometers bei 20° C. 18,9700 g;

Gewicht des Pyknometers mit ausgekochtem Benzol bei 20° C. 18,2970 g; Verminderung dieses Gewichtes bei Zunahme der Temperatur um 1° C. 0,005375 g; Verminderung des specifischen Gewichtes des Benzols mit Zunahme der Temperatur um 1° C. 0,000825.

Abgewogen Sulfoborit:	Temp.:	Gew. d. Pyknom. m. Benzol u. Sulfoborit:	Gew. d. Pykn. m. Benzol:	Spec. Gew. d. Benzols:
1) 1,9994 g	22,00 C.	19,5610 g	18,2859 g	0,87788
2) -	22,7	19,5583	18,2820	0,87730
3) -	24,7	19,5488	18,2708	0,87565
4) -	24,3	19,5510	18,2730	0,87598
5) -	24,5	19,5505	18,2719	0,87582
6) 1,9450	22,0	19,5257	18,2859	0,87788
7) -	22,3	19,5248	18,2842	0,87763
8) -	22,6	19,5225	18,2823	0,87739
9) -	23,0	19,5201	18,2803	0,87706
10) -	22,0	19,5264	18,2859	0,87788
11) 1,0032	24,0	18,9128	18,2747	0,87623
12) -	21,7	18,9266	18,2875	0,87813
13) -	22,0	18,9262	18,2859	0,87788
14) -	21,5	18,9282	18,2886	0,87829
15) -	20,9	18,9324	18,2920	0,87879

Auf Grund dieser Werthe und unter Zuhülfenahme der bekannten Formeln konnte nun das spec. Gewicht des Sulfoborits berechnet und darauf auf die Temperatur von 4° C. umgerechnet werden.

#### Specifisches Gewicht des Sulfoborits.

	Temp. 10° C.	Temp. + 40° C.	
1)	2,424	22° C.	2,417
2)	2,427	22,7	2,420
3)	2,427	24,7	2,418
4)	2,428	24,3	2,420
5)	2,430	24,5	2,422
} Mittel 2,4194.			
Spec. Gew.	Temp.	Spec. Gew.	Temp.
6)	2,422	22° C.	2,415
7)	2,423	22,3	2,416
8)	2,420	22,6	2,413
9)	2,419	23,0	2,411
10)	2,423	22,0	2,416
11)	2,408	24,0	2,400
12)	2,421	21,7	2,414
13)	2,427	22,0	2,420
14)	2,423	21,5	2,416
15)	2,430	20,9	2,424
} Mittel 2,4148			

Im Mittel war also das spec. Gewicht des zur Analyse verwendeten Sulfoborits bei  $\frac{20,9^0 - 24,7^0}{+ 4^0}$  G. 2,446, welches auf eine beginnende Zersetzung hinweist, da klare Krystalle im Mittel 2,440 ergaben.

A. Naupert und W. Wense hatten, nach dem von ihnen bestimmten spec. Gewichte von 2,38—2,45 oder im Mittel von 2,415 zu urtheilen, auch kein frisches Material zu ihrer Verfügung. Ihr Mittelwerth 2,415 stimmt beinahe mit dem von mir gefundenen 2,416 überein.

#### Analyse des Sulfoborits.

A. Naupert und W. Wense fanden im Sulfoborit die Bestandtheile  $MgO$ ,  $SO_3$ ,  $B_2O_3$  und  $H_2O$ . Da mir nicht viel Material zur Verfügung stand, so hielt ich es nicht für nöthig, die qualitative Prüfung zu wiederholen, sondern ging direct zur quantitativen Analyse über. Ausser den erwähnten Bestandtheilen bestimmte ich noch  $Fe_2O_3$ , da viele von den Kryställchen eine röthliche Färbung besaßen. — Vorversuche mit Borax und Magnesiumsulfat zeigten, dass es unmöglich ist, die Borsäure und die Schwefelsäure in einer und derselben Portion zu bestimmen; es mussten daher zwei verschiedene abgewogene Mengen angewendet werden. Zur Bestimmung des Wassers bediente ich mich zunächst des Verfahrens von Sipöcz<sup>1)</sup>, jedoch ohne Erfolg. Abgesehen von den an die Bestimmung selbst sich knüpfenden Schwierigkeiten, hat diese Methode den Fehler, dass, wenn basische Salze mit Kalium- und Natriumcarbonat geschmolzen werden, ein Theil des Wassers in der Schmelze zurückbleibt, da sich Aetzalkalien bilden können. In der That, wenn man z. B.  $Ca(OH)_2$  mit  $Na_2CO_3$  schmilzt, so kann man sicher sein, dass die Reaction zum Theil nach der Formel



verlaufen wird. Dass aber durch einfaches Schmelzen aus  $NaOH$  das Wasser schwer auszutreiben ist, ist hinreichend bekannt. Daher ergab die Wasserbestimmung nach Sipöcz's Verfahren beim Sulfoborit, in welchem das Wasser kein Krystallwasser, sondern chemisch gebundenes ist, zu geringe Werthe. Später, bei Analysen basischer Kupfersalze, leitete ich beim Beginn des Schmelzens einen Kohlensäurestrom ein, wodurch das sich bildende  $NaOH$  wiederum in  $Na_2CO_3$  übergeführt wurde, und gelangte dabei zu recht befriedigenden Ergebnissen; der Gedanke, einen Kohlensäurestrom bei den Wasserbestimmungen im Sulfoborit anzuwenden, kam mir leider zu spät, als diese Bestimmungen schon beendet waren. Für genauer halte ich die Bestimmung durch einfaches Glühen (Analyse IV), obwohl ich auch die nach Sipöcz's Methode gefundenen Werthe (Analysen II und III) anführe.

1) Zeitschr. f. analytische Chemie 1878, **17**, 206.

I. 0,5548 g fein gepulverten Sulfoborits ergaben nach einem von mir ausgearbeiteten Verfahren <sup>1)</sup> — Abtreiben der Borsäure als  $(CH_3)_3BO_3$  und Bestimmung als  $KBF_4$  — 0,4022 g  $KBF_4$  bzw. 0,44405  $B_2O_3$  entsprechend 20,04%. Die im Kölbchen nach Abdestilliren der Borsäure zurückgebliebene Flüssigkeit enthielt einen in Schwefelsäure unlöslichen Rückstand von 0,0025 g entsprechend 0,45%.

II. 0,2974 g Substanz zeigten nach 24stündigem Trocknen bei 1600—1700 einen Verlust von 0,0004 g bzw. 0,03%; mit 4,5 g  $KNaCO_3$  nach Sipöcz's Methode geschmolzen, lieferten sie 0,0579 g bzw. 19,47%  $H_2O$ . Die Schmelze wurde in das Kölbchen zur Bestimmung der Borsäure eingetragen und lieferte 0,2107 g  $KBF_4$  bzw. 0,05818 g oder 19,56%  $B_2O_3$ .

III. 0,5 g Substanz verloren nach 24stündigem Trocknen bei 1100 0,0003 g entsprechend 0,06%; dann gaben sie mit 3 g  $KNaCO_3$  geschmolzen 0,1052 g bzw. 21,04%  $H_2O$ . In dieser Probe wurde nur noch die Magnesia bestimmt und 0,4666 g  $Mg_2P_2O_7$  entsprechend 0,1684 g oder 33,62%  $MgO$  gefunden.

IV. 0,2526 g Substanz wurden in einem Platintiegel abgewogen und verloren nach 24stündigem Trocknen bei 1300—1500 0,0005 g entsprechend 0,20%, dann nach sechsstündigem Glühen bei Rothglühhitze weitere 0,0592 g entsprechend 23,43%. Nach Behandlung des Rückstandes mit  $HCl$  blieben ungelöst 0,0008 g entsprechend 0,31%. Der Auflösung wurde  $BaCl_2$  zugesetzt, welches 0,1633 g  $BaSO_4$  fällte, entsprechend 0,05605 g oder 22,19%  $SO_3$ . Im Filtrate wurde das überschüssige  $BaCl_2$  mit  $H_2SO_4$  niedergeschlagen und abfiltrirt; in der eingeeengten Lösung wurde mit Ammoniak  $Fe_2O_3$  gefällt und ergab 0,0002 g entsprechend 0,08%; im Filtrate des  $Fe_2O_3$  wurde endlich die Magnesia als Ammonium-Magnesium-Phosphat gefällt und lieferte 0,2350 g  $Mg_2P_2O_7$  entsprechend 0,08465 g oder 33,51%  $MgO$ .

V. 0,2 g Substanz hinterliessen nach Auflösung in  $HCl$  einen unlöslichen Rückstand von 0,0004 g oder 0,20%. Die Lösung wurde in gleicher Weise, wie bei der Anal. IV behandelt und lieferte: 0,1325 g  $BaSO_4$  entsprechend 0,04547 g oder 22,73%  $SO_3$ ; 0,0003 g oder 0,15%  $Fe_2O_3$ ; 0,1849 g  $Mg_2P_2O_7$  entsprechend 0,0666 g oder 33,30%  $MgO$ .

Stellen wir die Ergebnisse dieser fünf Analysen zusammen, so erhalten wir:

	I.	II.	III.	IV.	V.	Mittel:
$MgO$	—	—	33,62	33,51	33,30	33,48
$SO_3$	—	—	—	22,19	22,73	22,46
$B_2O_3$	20,04	19,56	—	—	—	19,79
$Fe_2O_3$	—	—	—	0,08	0,15	0,11
Glühverlust	—	—	—	23,43	—	23,43
Verlust beim Trock-	—	0,03	0,06	0,20	—	0,10
nen bei 1100—1700						
Unlöslich	0,45	—	—	0,31	0,20	0,32
						99,69

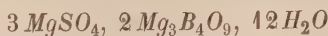
Die Analyse von Naupert und Wense gab hingegen folgende Resultate:

$MgO$	32,91	
$SO_3$	21,95	als Mittel aus zwei Bestimmungen 21,84 und 22,07
$H_2O$	21,50	
$B_2O_3$	(23,64)	aus der Differenz zu 100
	100,00	

1) Die Arbeit erscheint in der Zeitschr. f. analyt. Chemie 1897.



Dabei blieben als in Mineralsäuren unlöslicher Rückstand 0,4 bis 0,8 %. Auf Grund dieser Analyse wurde für den Sulfoborit die Formel



aufgestellt. Zu welcher Formel führen nun meine Analysen? Vernachlässigt man das  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und den unlöslichen Rückstand, so hat man folgende Werthe, welche durch Division mit den Molekulargewichten das nebenstehende Molekularverhältniss ergeben:

	in Proc.:	Mol.-Gew.:	Molekularverhältniss:		
$\text{MgO}$	33,48	39,90	0,839	2,98	3
$\text{SO}_3$	22,46	79,86	0,284	4	4
$\text{B}_2\text{O}_3$	49,79	69,68	0,284	4,04	4
$\text{H}_2\text{O}$	23,53	17,96	4,340	4,66	4,5—5

Es ist ersichtlich, dass im Sulfoborit ein sehr einfach zusammengesetztes Doppelsalz  $\text{MgSO}_4, \text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5$  vorliegt. Zweifelhaft erscheint nur der Wassergehalt. Meine directen Bestimmungen nach Sipöcz's Verfahren ergaben von einander sehr abweichende Werthe: 24,04 bezw. 49,56 %, von denen der erste demjenigen von Naupert und Wense, welche 24,50 % fanden, sehr nahe kommt. Dass das Wasser im Sulfoborit als Constitutionswasser enthalten ist, darauf weisen meine Versuche mit dem Trocknen der Substanz bei 460°—470° hin, bei denen der Verlust höchstens 0,2 % erreichte. Darum halte ich die Bestimmung durch Glühen bei schwacher Rothgluth, welche im Ganzen 23,53 % ergab, für richtiger, zumal es schwer ist, sich vorzustellen, dass bei solchem Glühen Schwefelsäure- oder Borsäure-Anhydrid verloren gehen könnten und dies um so weniger, als beim Berechnen des Wassers aus der Differenz ein dem gefundenen nahe kommender Werth von 23,84 % erhalten worden wäre.

Leider war das zur Analyse verwendete Material, wie es dessen spec. Gewicht zeigte, zum Theil zersetzt. Es fragt sich nur, welchen Verlauf mochte die Zersetzung nehmen? Verwittern, sein Krystallwasser verlieren konnte der Sulfoborit nicht, da er selbst beim Erwärmen auf 460°—470° C. höchstens 0,2 % einbüsste; eher konnte er Wasser aufgenommen haben. Ausserdem verliert das Mineral beim Behandeln mit Wasser ziemlich leicht einen Theil des Magnesiumsulfats<sup>1)</sup>, während sein Vorkommen in den Carnallit-Lösungsrückständen, sowie seine Gewinnungsweise aus diesen Rückständen, die Möglichkeit des Zerfalls der frischen Sulfoboritsubstanz in der angedeuteten Weise durchaus nicht ausschliessen. Rechnet man in der That die erhaltenen Mengen  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  und  $\text{H}_2\text{O}$  (zusammen 99,26 %) auf 100 um, so erhält man die von der Formel  $\text{MgSO}_4, \text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5, 4\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  geforderten, sehr nahen Werthe:

1) Privatmittheilung des Hrn. W. Wense an Hrn. Prof. Bücking.

	Gefunden:	Berechnet:	Differenz:
$MgO$	33,73	34,49	— 0,46
$SO_3$	22,62	22,84	— 0,19
$B_2O_3$	49,93	49,90	+ 0,03
$H_2O$	23,70	23,09	+ 0,61
	<u>99,98</u>	<u>99,99</u>	

Die Analyse spricht dafür, dass die Substanz beiden obenerwähnten Einflüssen ausgesetzt gewesen ist, und dass die Zusammensetzung des Sulfoborits durch die Formel



ausgedrückt werden kann. Von der Borsäure  $H_3BO_3$  ausgehend kann man dieser Formel auch die Gestalt



geben.

Sehr zu bedauern ist es, dass der Sulfoborit so selten ist, und es ist daher nicht zu erwarten, dass es bald gelingen wird, neue Versuche zur Bestimmung seines Wassergehaltes anzustellen; in den Bestimmungen von  $MgO$ ,  $SO_3$  und  $B_2O_3$  glaube ich dagegen kaum einen groben Fehler gemacht zu haben, da die Analyse so einfache Beziehungen zwischen diesen drei Bestandtheilen —  $3MgO : 4SO_3 : 4B_2O_3$  — ergab, und auch die Analyse von Naupert und Wense zwischen  $MgO$  und  $SO_3$  dasselbe Verhältniss 3 : 4 feststellte.

Meine Bemühungen, den Sulfoborit künstlich darzustellen durch Erwärmen eines Gemisches von Magnesiumsulfat und Borax in Gegenwart von Wasser oder einer Kaliumchloridlösung bei  $150^0$ — $160^0$  in zugeschmolzenen Röhren, waren leider erfolglos. Ich erhielt dabei Magnesiumborate, jedoch ohne Betheiligung der Schwefelsäure, von der in der erhaltenen krystallinischen Masse höchstens nur Spuren nachgewiesen werden konnten.

Mineralogisches Institut der königl. techn. Hochschule,

44. März 1897.

## XVI. Der Granat von den Turjinsk'schen Gruben.

Von

E. von Fedorow in Moskau.

(Hierzu 44 Textfiguren.)

---

Das genannte Mineral dieser wichtigen Lagerstätte scheint bis jetzt noch keiner näheren krystallographischen Untersuchung unterworfen worden zu sein. Da nun bei der detaillirten geologischen Aufnahme des Bogoslow'schen Bergreviers überhaupt und besonders bei specieller Untersuchung der Turjinsk'schen Kupfergruben mir ein ungewöhnlich grosses und lehrreiches Material zu Händen kam, so unterliess ich nicht, diese Lücke auszufüllen und eine nähere und genauere Erforschung des Granats vorzunehmen. Unter mehreren hunderten von Präparaten der dieser Lagerstätte angehörenden Gesteine standen mir viele Präparate des Granatgesteins, sowie eine etwas geringere Anzahl von Präparaten desselben Gesteins auch von anderen Punkten des Bergreviers zur Verfügung.

In Anbetracht der Seltenheit und ungewöhnlich hohen Bedeutung dieser Gesteine für die Bildungsgeschichte der Lagerstätte selbst will ich hier nicht nur die Resultate der krystallographischen, sondern auch die der petrogenetischen Studien dieses Gesteins und zugleich der Lagerstätte selbst kurz darlegen.

Zuerst die rohen Thatfachen.

Es ist schon längst bekannt, dass die hiesigen Kupfererze (hauptsächlich Kupferkies) in besonders nahem Verbande mit dem granatführenden Gestein stehen. Als die allgemeine gilt hier folgende Regel: der Kupferkies bildet einen Contacterzgang zwischen Granatgestein und einem anderen benachbarten. In dem ersten Stadium des Kupfererzbetriebes glaubte man sogar, dass dieses andere anliegende Gestein Kalkstein (eigentlich grobkörniger Marmor) sein müsse. Bei dem weiteren Betriebe erwies sich aber, dass dieses Gestein auch ein ganz anderes sein kann (man nannte dasselbe unbestimmt »Diorit«, welcher Name aber bei den uralischen Bergleuten nur den Sinn eines Gesteins von grüner Farbe besass).

Bei der berühmten Reise Gustav Rose's fiel demselben der Contact zwischen Kalkstein und Granatgestein auf, welches letztere er ohne weiteres für ein metamorphosirtes Gestein hielt. Diese Meinung des berühmten Mineralogen erfreute sich einer grossen Verbreitung unter den Specialisten, und fast bis zum jetzigen Zeitpunkte fanden wir diese Meinung in allen Darstellungen dieser Lagerstätte vertreten.

Nun aber führte die specielle Erforschung der Lagerstätte zu einem ganz anderen Schlusse. Wie erwähnt, spielen die beiden Gesteine, an deren Contact der Kupferkies ausgebeutet wird, keineswegs die gleiche Rolle. Während das Granatgestein sich als das nothwendig begleitende Muttergestein erweist, verhalten die anderen Gesteine sich als rein passive. Nicht nur können dieselben verschieden sein, sondern dieselben beherbergen auch kein Kupfererz. Der Kalkstein bleibt im Allgemeinen ganz erzfrei; in dem Hornblendeporphyr resp. Orthoklasporphyr, welche die Rolle des Kalksteins im Contacte übernehmen, finden wir stellenweise grosse Anhäufungen von Eisenkieseinschlüssen, theilweise dieselben nur spärlich eingestreut, niemals ist aber ein einziger Einschluss von Kupferkies zu treffen <sup>1)</sup>.

Im Granatgestein verhält sich die Sache ganz anders. Nur da (Frolowsk'sches und Baschmakows'sches Grubenwerk), wo Kupferkies resp. Magnetkies in grossen Massen (theils stockförmig, meist gangförmig) angesammelt erscheint, finden wir in dem benachbarten Theile des Gesteins fast kein Erz mehr. In anderen Kupfergruben (besonders den Bogoslawsk'schen) finden wir aber Kupferkies noch nicht rein individualisirt, sondern in der Form mehr oder weniger massenhafter Einschlüsse im Granatgestein. Auch an der erzführenden Linie Frolowsk-Baschmakowsk, da wo das Erz nicht in regelmässigen Erzgängen angesammelt worden ist, findet man in der Mitte des Granatgesteins in grosser Menge mehr oder weniger grossartige einzelne Einschlüsse zerstreut.

Kurz, schon die oberflächliche Erwägung der direct zur Beobachtung kommenden Thatsachen lässt keinen Zweifel mehr, dass a) das echte Muttergestein des Kupferkieses (und des Magnetkieses) das Granatgestein ist, und b) dass die Vertheilung dieses Erzes nicht gleichmässig ist; an einigen Stellen häuft sich das Erz in mehr oder weniger mächtigen Gängen an, welche das Hauptmaterial der Ausbeute in den Kupfergruben darstellt, an anderen Stellen sind dieselben Erze im Muttergesteine unregelmässig zerstreut. Naturgemäss führt dieses Verhalten auf die Idee einer örtlichen

---

1) Gerade im Gegentheil findet man in den die Lagerstätte massenhaft durchschneidenden Gängen von Diabasporphyr stellenweise Kupferkies eingeschlossen. Die Einschlüsse sind an einigen Punkten neben dem Contacte mit erzführendem, von ihnen durchschnittenem Augitgranatgestein besonders zahlreich. Der Kupferkies muss also von letzterem herkommen.



Anhäufung der sonst unregelmässig zerstreuten Erze am Contacte mit den anliegenden Gesteinen.

Die nähere mikroskopische Untersuchung des Granatgesteins hat aber zum Schlusse geführt, dass dasselbe eigentlich kein einfaches Gestein ist, sondern an sehr vielen Stellen sich als Augitgranatgestein erweist, und dabei sind die Bestandtheile wieder sehr unregelmässig vertheilt. Es ist nicht schwer, Handstücke eines reinen Augitgesteins herauszufinden; viel öfter aber beobachtet man eine Zusammensetzung des Gesteins aus beiden Mineralien.

Noch wichtiger ist die Constatirung des Contactmetamorphismus an der Grenze des Augitgranatgesteins und der anliegenden Gesteine. Der Kalkstein wird dabei in grobkörnigen Marmor und die Porphyrgesteine in Felsite metamorphosirt. Das erste sieht man in dem Erzgange von Frolowsk, das letzte in dem Bogoslowsk'schen Grubenwerke (der Felsit ist am Contacte mit dem Augitgranatgestein schiefrig und dem Contact parallel geschichtet; in anderer Richtung geht er allmählich in den gewöhnlichen Orthoklasporphyr über). Fügt man noch die grosse örtliche Entwicklung des Augitgranatgesteins in der Nähe des Baschmakowsk'schen Grubenwerkes hinzu, indem sich die Gesteinsmasse über einen halben Kilometer in die Breite erweitert, so wird kein Zweifel mehr bleiben, dass das Augitgranatgestein kein metamorphisches, sondern ein Eruptivgestein ist, welches in der Form eines ziemlich grossartigen Lakkolithen emporgestiegen ist, ohne einen Vulkan zu bilden.

Dieser Lakkolith besitzt als Decke keineswegs ein glattes Gewölbe, sondern stellt eine grosse Masse mit vielen, in das Innere der umgebenden Gesteine einspringenden Ansätzen dar; zwei solche Ansätze mit angehäuften Einschlüssen von Kupferkies bilden die sogenannten »Erzgänge« des Bogoslowsk'schen Grubenwerkes<sup>1)</sup>.

Weiter ist noch erwähnenswerth, dass in der Vertheilung des Erzes eine bestimmte Gesetzmässigkeit nicht zu verkennen ist, und zwar sieht man in dem mächtigen »Erzgange« des Baschmakowsk'schen Erzgrubenwerkes, dass an dem oberen Theile desselben fast reiner Kupferkies vertreten ist, während in der Richtung nach unten demselben immer mehr und mehr Magnetkies beigemengt ist, bis endlich in den grossartigen stockförmigen Anhäufungen der Magnetkies zu dominirender Hauptmasse wird, und der Kupferkies in so unbedeutendem Procentgehalte beigemengt erscheint, dass dieselben ganz unbauwürdig werden.

Man sieht also die deutlich ausgeprägte Tendenz der Erze, sich überhaupt aus dem Magma des Lakkolithen und mit einander in zusammen-

1) In der allerletzten Zeit wurden von meinem Assistenten, Herrn W. W. Nikitin, Aufsuchungsarbeiten angestellt, und neue Ansätze des Lakkolithen aufgefunden.

hängenden Schichten auszuscheiden, und dass dabei das specifische Gewicht maassgebend gewesen sein muss.

Haben wir aber anderswo Analogien in der Zusammensetzung von Lakkolithgesteinen mit dem, was wir in den Turjinsk'schen Gruben wahrnehmen?

Es mögen hier in wenigen Worten die ausgezeichnet entwickelten Lakkolithgesteine erwähnt werden, welche ihrer Zusammensetzung und hauptsächlich ihrer Structur nach eine neue Gruppe bilden und im äussersten Nordwesten des europäischen Russlands mitten in Gneisschichten beobachtet wurden, nämlich an dem Karelischen (südlichen) Ufer des Kandalaks'schen Meerbusens des Weissen Meeres. Diese Gesteine wurden »Drusite« genannt, da ihrer Structur nach dieselben vortrefflich die gewöhnliche Drusenbildung nachahmen<sup>1)</sup>. Es geht jedoch die Bildung und Auskrystallisirung der Mineralien in umgekehrter Ordnung als bei der Drusenbildung vor sich. Man beobachtet nämlich in denselben, dass eine Reihe verschiedener Mineralien aus dem Magma nicht gleichzeitig, sondern nach und nach zur Abscheidung gelangten, und dabei jedes neu abgeschiedene Mineral sich um das vorher gebildete in der Form einer Schicht resp. einer Kruste, wie dieselben auch bei der Bildung echter Drusen wahrgenommen werden, ansetzte.

Die Reihenfolge der Ausscheidung erwies sich für fast sämtliche Varietäten dieser sehr zusammengesetzten und variirenden Gesteinsgruppe einem bestimmten Gesetze folgend, und zwar ist diese Ordnung: 1) Olivin, 2) Enstatit, 3) Hypersthen, 4) Biotit, 5) Augit, 6) Granat<sup>2)</sup>, 7) grüne Hornblende und 8) Plagioklas.

Bei gewissen Gesteinsvarietäten kommen manche Glieder dieser Reihe nicht zur Ausbildung, und es erscheint ein dominirender Gemengtheil, im Verhältniss zu welchem alle Mineralien von ganz nebensächlicher Bedeutung sind. Noch öfter fehlen einige dieser Glieder. Das reine Granatgestein wurde aber unter den Drusitvarietäten des Weissen Meeres nicht angetroffen<sup>3)</sup>, wohl aber fast reines Augitgestein (ebenso wie fast reines Olivin-, Enstatit- resp. Hypersthengestein). Merkwürdig erscheint noch, dass die Augit- resp. die Granatschichten in dem Sinne Ausnahmefälle bilden, dass der Granat sich auszuscheiden begann, als die Ausscheidung des Augits noch nicht geschlossen war. Also sehen wir eine Schicht, welche anfäng-

1) Diese Gesteine wurden in den Annalen des Moskauer Landwirthschaftlichen Instituts 1896 Nr. 4 beschrieben und durch mehrere Photographien anschaulich dargestellt.

2) Wahrscheinlich auch Spinell, welcher bei der optischen Prüfung sehr schwer von Granat zu unterscheiden ist, falls derselbe farblos ist. In manchen Varietäten wird der Granat durch Vesuvian ersetzt.

3) Ein Gang des reinen Granatgesteins mit ausgezeichneten Contacterscheinungen wurde aber ausnahmsweise an dem nördlichen Ufer desselben Meerbusens angetroffen.

lich durch reinen Augit, dann durch ein Gemisch desselben mit Granat und zuletzt durch reinen Granat gebildet wird. Gerade dasselbe Verhältniss finden wir aber auch in den Augitgranatgesteinen des Bogoslow'schen Bergreviers. In Folge dessen scheint es mir unmöglich, diese Gesteine von den Drusiten des Weissen Meeres scharf abzutrennen, und betrachte ich die ersteren als eine Varietät der Drusite.

Hiermit steht die Gruppe der Bogoslow'schen Gesteine nicht allein da, sondern ist auch in anderen Theilen der Erdkruste vertreten.

Zu allem Gesagten ist noch hinzuzufügen, dass die Bogoslow'schen Augitgranatgesteine die ausgeprägte Tendenz zur Metamorphosirung zeigen, und zwar wird bei diesem Prozesse Granat durch Epidot, Augit durch Chlorit (theilweise durch faserige secundäre Hornblende) mit Ausscheidung von Calcit und Quarz ersetzt. Diese metamorphosirten Gesteine sind bei weitem am häufigsten vertreten, und zwar an den Stellen der bergmännischen Ausbeutung, während anderswo dieselben in grosser Menge ungeändert entblösst sind. Bei dieser Metamorphose erleiden die Erztheilchen keine Aenderung, so dass es in bergmännischer Beziehung ganz gleichgültig erscheint, ob das ungeänderte oder das metamorphosirte Gestein durch die Arbeiten getroffen wird (wenn man nur von der grösseren Festigkeit der ungeänderten Gesteine absieht, welche natürlich die Kosten der Ausbeute erhöht).

Alle oben angegebenen Thatssachen führen uns zu dem sicheren Schlusse, dass die Augitgranatgesteine eruptiven Ursprungs sind und in der Form eines feuerflüssigen Magma emporstiegen und ihren jetzigen Platz eingenommen haben. Somit ist also auch die Entstehungsweise des Granats selbst eindeutig bestimmt.

Die mikroskopische Untersuchung der Gesteinsschliffe zeigt, dass die Granatsubstanz durch zwei verschiedene Varietäten vertreten ist. Die eine erscheint braun gefärbt, die andere ganz farblos. In Handstücken ist die erstere dunkelbraun, die zweite blassgrünlich mit einem Stich ins Braune. Sehr oft findet man in demselben Korne die beiden Varietäten mit einander schichtenweise gemischt, vorzugsweise nimmt aber die farblose Substanz die Stelle der äussersten Schichten ein, oder die eine resp. die andere sind in einem Stücke allein vertreten. Als fast allgemeine Regel kann gelten, dass die braune Substanz in optischer Hinsicht sich als normal, und die farblose anomal erweist. Diese allgemeine Regel ist aber durch viele Ausnahmefälle durchbrochen.

In chemischer Hinsicht stehen die beiden Varietäten einander sehr nahe. Die Analyse (von Herrn Klein, Chemiker des Bogoslow'schen Bergreviers, 1894 ausgeführt) ergab (leider sind die, jedenfalls erheblich von einander abweichenden, Zahlen für die specifischen Gewichte beider Varietäten verloren gegangen):

	I.	II.
$SiO_2$	34,98	38,22
$Fe_2O_3$	23,77	25,62
$FeO$	3,33	4,96
$CaO$	34,06	34,80
$Al_2O_3$	3,32	2,11
$Mn_2O_3$	4,22	0,58

wo I. die rothbraune und II. bräunlichblassgrüne Varietät bedeutet.

Man sieht, dass durch die Resultate der Analyse die Färbung keineswegs eine Erklärung finden kann. Wahrscheinlich ist die färbende Substanz der Analyse entgangen. Besonders merkwürdig erscheint aber die ansehnliche Verschiedenheit in der Grösse des specifischen Gewichts.

Dass die beiden Varietäten keine einheitlichen Substanzen darstellen, erhellt aus der zu beobachtenden Schichtung beider. Die Schichtung des braunen Granats ist mehr durch die Färbung, diejenige des farblosen durch Verschiedenheit des Brechungsindex ersichtlich.

Die braune Granatvarietät ist die vorherrschende in den betreffenden Gesteinen des Bogoslawsk'schen Bergreviers. Wo sie allein vertreten ist, und in dieser Form sind ganze Berge bekannt<sup>1)</sup>, erscheint sie durchaus als optisch normal. Die farblose Varietät, wenn sie auch allein vorhanden ist, erscheint fast stets anomal.

Die Anomalien erscheinen in der Form gut ausgebildeter doppelbrechender Sektoren und sind im Allgemeinen sehr unregelmässig vertheilt. Nun aber tritt selbst bei der flüchtigen Durchsicht einer Reihe von Präparaten ohne Anwendung vollkommenerer Methoden der Untersuchung eine Gesetzmässigkeit hervor. Dieselbe besteht darin, dass in einer zusammenhängenden doppelbrechenden Schicht die Grösse der Doppelbrechung für verschiedene Sektoren verschieden ist; sie ist höher für grössere, mehr entwickelte Sektoren, also niedriger für kleinere. Die doppelbrechenden Schichten sind im Allgemeinen von weniger doppelbrechenden oder sogar einfachbrechenden eingeschlossen; besonders oft erscheint der Kern einfachbrechend. Von Null steigt die Grösse der Doppelbrechung, bei ungefähr 0,03 mm Dicke, bis 3 oder sogar  $3\frac{1}{2}L$ , was also ungefähr 0,012 absoluter Grösse der Doppelbrechung entspricht. So hohe Doppelbrechung erscheint

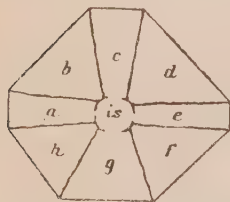
1) An manchen Orten, z. B. in dem Bezirke der Auerbach'schen Eisengrube, ist die Granatmasse stark zersetzt, und die Zersetzungsproducte — eisenschüssiger Thon, Quarz und Rotheisenerz — in stets unregelmässiger Vertheilung bilden die Masse der eigentlichen Grube. In derselben sind nicht selten Pseudomorphosen von Rotheisenerz in der Form grosser Krystalle des braunen Granats anzutreffen, also hauptsächlich die Combination (110)<sub>4</sub> und (211)<sub>4</sub>. Die selten anzutreffenden farblosen Granaten erscheinen meist in der einfachen Form (110)<sub>4</sub> und sind nur sehr selten in grösseren Krystallen aufzufinden.



aber selten; meistens ist die absolute Grösse in den Grenzen 0,008—0,010, also sehr nahe der des Quarzes.

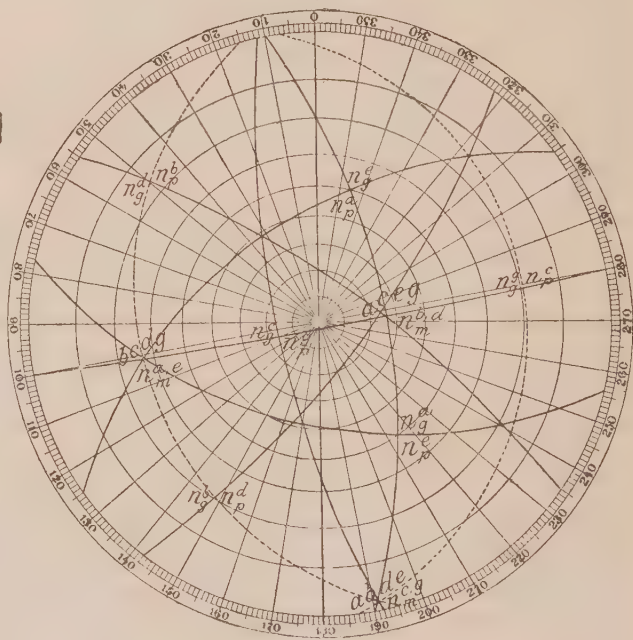
Im Allgemeinen erscheinen die Sektoren zweiachsig, und der Axenwinkel schwankt in sehr grossem Umfange, so dass nicht selten einaxige oder sogar einfachbrechende Sektoren entstehen. Aber es wurde möglich, in einer geringeren Anzahl von Präparaten eine Reihe regelmässiger Schnitte aufzufinden, wo sämtliche Sektoren fast gleichmässig entwickelt, und wo die Grösse der Doppelbrechung fast constant war, wie in echten zwei-achsiges Krystallen. Diese Schnitte wurden besonders für die genauere Untersuchung ausgewählt. Es wird sogleich ersichtlich sein, dass gerade diese Schnitte sämtlich solche des Rhombendodekaëders darstellen und in optischer Hinsicht sich dem von Mallard gegebenen Schema als einem ideellen Grenzfall nähern, und dies um so mehr, je regelmässiger die Sektoren ausgebildet sind.

Fig. 1.



Besonders regelmässig in krystallographischer ebenso wie in optischer Beziehung erwies sich ein Schnitt in dem Dünnschliffe Nr. 298 eines Gesteins des Bogoslawsk'schen Grubenwerkes. In der Fig. 1 sieht man die krystallographischen Umriss des

Fig. 2.



Rhombendodekaëders und die regelmässige Vertheilung der Sektoren. Fig. 2 zeigt auf's Deutlichste die optische Structur dieses Körnchens<sup>1)</sup>. Man sieht,

1) Diese Untersuchung wurde mit Hülfe des Universaltischchens mit drei Drehachsen ausgeführt, und die Symmetrieebenen der optischen Ellipsoide der Sektoren direct ermittelt und graphisch aufgezeichnet. Theilweise wurde auch die Methode der Auslöschungscurven zu Hülfe genommen, und zwar für die möglichst genaue Ermittlung der Lage der optischen Axen. Die Aufgabe wurde aber durch den Umstand in hohem Grade

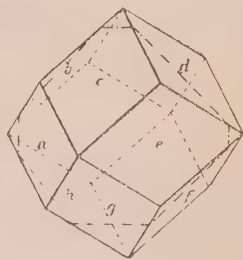
dass die Symmetrieebenen der optischen Ellipsoide einzelner Sektoren in ihrer Vertheilung fast genau mit denen eines (hexakis-) oktaëdrischen Krystalls übereinstimmen. Man kann sogar sagen, dass die Abweichungen fast in den Grenzen der Beobachtungsfehler liegen, und also ist dieses Körnchen am meisten unter allen beobachteten dem idealen Mallard'schen Schema entsprechend oder mit demselben in den Grenzen der Beobachtungsfehler übereinstimmend.

Merkwürdigerweise fallen dabei die optischen Axen verschiedener Sektoren fast genau mit den zu den Würfelflächen normalen Geraden zusammen, und die für jeden Sector besonders bestimmte Lage dieser Axen fällt mit der theoretischen Lage bis auf die Beobachtungsfehler zusammen. Somit glaube ich das Recht zu haben, zu behaupten, dass die ideell ausgebildeten anomalen Granatkrystalle aus zweiaxigen Sektoren bestehen, und dass die optischen Axen derselben nicht ungefähr, sondern genau mit der Würfelflächennormale zusammenfallen. Falls also die Substanz nicht von vornherein als zweiaxig gedeutet wird, was übrigens in Anbetracht einer solchen merkwürdigen Zufälligkeit fast paradox erscheinen würde, so muss man annehmen, dass eine bestimmte Ursache vorhanden ist, für solche anomale Krystalle diese Stellung der optischen Axen hervorzubringen. Eine Theorie der Anomalie muss also von einer solchen Ursache Rechenschaft geben.

Ebenso wurde festgestellt, dass die Axen  $n_g$  und  $n_p$  der optischen Ellipsoide genau senkrecht zu den Flächen des Rhombendodekaëders stehen, und zwar steht zu jeder Fläche die Axe  $n_g$  des entsprechenden Sectors senkrecht, also die Axe der geringsten Elasticität, und die Ebene der optischen Axen, d. h. die Ebene  $n_g n_p$ , ist die durch dieselbe Axe hindurchgehende Würfelfläche (also geht dieselbe durch die längere Diagonale der Fläche). Somit ist also die optische Deutung des idealen anomalen Krystalles vollständig abgeschlossen. Der Schnitt ist angenähert in der Fig. 3 angedeutet.

Diese optische Structur erscheint aber als eine ideelle, welche nur sehr selten in natürlichen Krystallen mit voller Genauigkeit zu Stande kommt. In den meisten Fällen sieht man ziemlich ansehnliche Abweichungen von dem genannten Schema. Als ein durch grosse Regelmässigkeit ausgezeichnetes, aber doch von dem Schema ziemlich abweichendes Beispiel gebe ich noch das folgende, welches ebenso unter Nr. 298

Fig. 3.



erleichtert, dass bei der Untersuchung meist das vollkommene Zusammenfallen der optischen Axen verschiedener Sektoren wahrgenommen wurde. In der Fig. 2 sind die optischen Axen durch die Buchstaben der entsprechenden Sektoren direct angegeben. Die nicht direct beobachteten Symmetrieebenen sind punktirt aufgezeichnet.



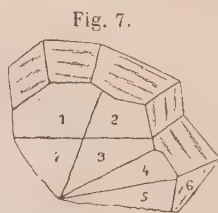
Schnitt ist also fast genau senkrecht zu einer der kystallographischen Hauptaxen. Bei der Einführung des Gypsblättchens färben sich die entgegengesetzten Sektoren gleich und zwei andere entgegengesetzt.

Wie gesagt, kommen solche Schnitte, wie die eben beschriebenen, mehr als Ausnahmefälle vor. Meistentheils erscheint die optische Structur der anomalen Krystalle sehr complicirt.

Die Anwendung des Universaltischchens mit drei Drehaxen giebt uns aber das Mittel in die Hand, selbst in den complicirtesten Fällen uns annäherungsweise zu orientiren, und es scheint, dass die Complication der optischen Structur vielleicht viel weiter geht, als es von vornherein zu erwarten wäre.

Es ist schon oben angedeutet worden, dass manchmal die Sektoren nicht als zweiaxig, sondern als einaxig erscheinen, und dabei kommen positive und negative Sektoren vor, was bekanntlich sehr einfach durch Drehung des Universaltischchens zu constatiren ist. Manchmal, wenn auch sehr selten, kommen sogar einzelne isotrope Sektoren unter anderen, mehr oder weniger ausgeprägt zweiaxigen Sektoren vor.

Z. B. erscheint in einem complicirten Körnchen (Fig. 7) der Sector 7 als ganz isotrop, d. h. derselbe bleibt dunkel (bei gekreuzten Nicols) bei allen Drehungen des Universaltischchens, während sämtliche andere Sektoren sich als zweiaxige erwiesen, aber mit sehr verschiedener Doppelbrechung nicht nur in verschiedenen Sektoren, sondern sogar in einzelnen Schichten. (Der Schnitt gehört dem Präparate Nr. 45 des Baschmakowsk'schen Grubenwerkes an.) Dabei erwies sich der Sector 5 annähernd senkrecht zur optischen Axe; alle anderen sind schief zu den Axen des optischen Ellipsoides gestellt. Leider aber erwies es sich als nicht möglich, eine genauere optische Bestimmung auszuführen.



Ich kann jedoch nicht unterlassen, besonders eine Beobachtung zu erwähnen, welche zum Präparate fo 3 gehört. Hier wurde u. a. die oben erwähnte Gesetzmässigkeit in deutlichster Weise zur Anschauung gebracht, nach welcher die Doppelbrechung einer Schicht sich um so höher erweist, je grösser der Sector selbst ausgebildet ist. Nun war aber an einer Stelle eines doppeltbrechenden Sectors ein Stück abgerissen und verschoben, und merkwürdigerweise erwies sich dasselbe als isotrop.

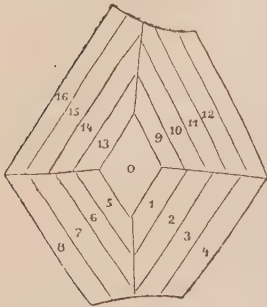
Zum Schlusse will ich noch einer der complicirtesten Beobachtungen Erwähnung thun, welche sich auf das Präparat Nr. 214 des Baschmakowsk'schen Grubenwerkes bezieht.

Das einfache Bild des Körnchens hätte keine Ahnung geben können von der Complicirtheit der optischen Structur, welche durch directe Beobachtung mittelst des Universaltischchens mit drei Drehaxen zum Vorschein



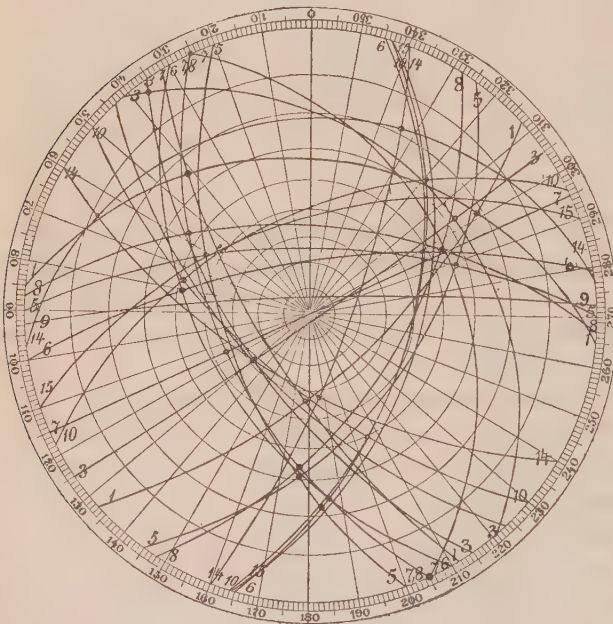
gebracht wurde. In der Fig. 8 sieht man das Bild des Körnchens und die Nummerirung der einzelnen Schichten desselben. In der Fig. 9 sind an-

Fig. 8.



zunehmend die Lagen der direct constatirten Symmetrieebenen der verschiedenen Sektoren eingetragen. Natürlich scheint es ganz unzweckmässig, in die Details dieses complicirten Bildes einzudringen. Das Eine steht aber fest, dass von der Anwendung des Mallard'schen, ebenso wie eines anderen einfachen Schemas keine Rede sein kann. In diesem Diagramm sind nur solche aus den zur Beobachtung gelangten Symmetrieebenen aufgezeichnet, von denen wenigstens zwei, zu einander möglichst genau senkrechte, zu einem und demselben Sector gehörende Symmetrieebenen zum Vorschein kamen. Dadurch sind aber zugleich die Axen des optischen Ellipsoides zur Bestimmung gelangt. Dieselben sind durch schwarze Punkte

Fig. 9.



angedeutet. Auf dem Rande jeder Symmetrieebene sind durch Nummern die zugehörigen Sektoren aufgezeichnet.

Endlich ist in der Fig. 10 das ideale Diagramm eines nach dem Schema von Mallard optisch gebauten Krystals gegeben. Die Buchstaben beziehen sich auf Fig. 3 und sind sonst mit denen der Fig. 2 gleichbedeutend.

Zum Schlusse dieser Arbeit erlaube ich mir, die beob-

achteten Thatsachen vom theoretischen Standpunkte aus zu besprechen.

Wie complicirt auch die Thatsachen der directen Beobachtung gemäss erscheinen können, so glaube ich, dass vom mathematischen Standpunkte aus das vorliegende Problem keineswegs so hoffnungslos unauflösbar ist. In den exacten Wissenschaften begegnet uns sehr oft der Fall, dass ein

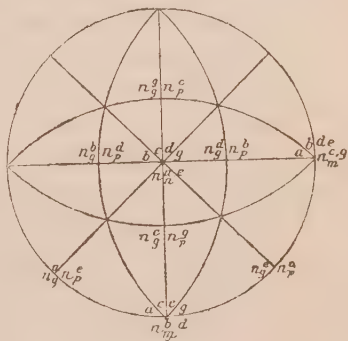
sehr einfaches, zu Grunde liegendes Gesetz durch sehr viele umständliche Nebendinge so verwickelt wird, dass es fast verloren gegangen wäre, würde nicht die Gesamtheit der Thatsachen auf die Annäherung an ein Grenzgesetz hindeuten, indem die Unregelmässigkeiten in den Abweichungen sich um so mehr eliminiren lassen, je näher wir dem aus der Gesamtheit der Beobachtungen hervortretenden idealen resp. typischen Grenzfall kommen. In der Krystallographie selbst haben wir immer mit Fragen solcher Art zu thun, um aus der Gesamtheit schlecht ausgebildeter Krystalle eine möglichst annähernd richtige Ermittlung der geometrischen Constanten herauszuziehen. Hier wird die Aufgabe noch dadurch erleichtert, dass unter der Gesamtheit der direct zur Beobachtung kommenden Thatsachen wir solche zu constatiren vermögen, welche sich fast genau dem idealen Grenzfall anschliessen, und dieser selbst ist durch das Mallard'sche Schema gegeben.

Die Ursache der optischen Anomalien des Granats kann also nur eine solche sein, welche durch dieses einfache Schema in dem Falle zu Stande kommt, wenn der optisch anomale Krystall möglichst vollkommen in der Form des Rhombendodekaëders ausgebildet worden ist. Die optischen Symmetrieverhältnisse in diesem Grenzfall zeigen auf's Deutlichste, dass hier wirklich eine der kubischen Syngonie angehörige Substanz vorliegt. Also kann der Granat keineswegs zu den Krystallen einer anderen Syngonieart gerechnet werden, da es sonst ganz unmöglich sein würde, die volle Symmetrie der kubischen Krystalle im Grenzfall und die Abweichung von derselben in anderen Fällen zu begreifen.

Der Granat ist also im eigentlichen Sinne des Wortes optisch anomal<sup>1)</sup>, und die Ursache der Anomalie erscheint mit der äusseren Form der wachsenden Krystalle auf's Innigste verbunden. Jede Abweichung der Form von der des Rhombendodekaëders, jede Deformation dieser Form, auch die Combination anderer Formen mit inbegriffen, kommt in der Complicirung der inneren optischen Structur zum Vorschein. Die Ursache kann allein eine solche sein, welche von den mechanischen, bei der Deformation der Form entstehenden Kräften abhängig ist.

1) Die Anomalie des Granats (wenigstens desjenigen von den Turjinsk'schen Gruben und des ihm analog gebauten) hat also mit den sogenannten optischen Anomalien eines Boracits, Leucits oder Perowskits nichts zu thun, da die letzteren nicht eigentlich anomal sind, sondern nur sehr zusammengesetzte (wenn auch hoch symmetrische) Durchwachsungen von Theilen niedrigerer Syngonieart.

Fig. 10.



Ob es noch andere Ursachen der die mechanischen Deformationen erzeugenden Kräfte sind, von welchen wir noch keine Ahnung haben, kann einstweilen dahingestellt gelassen werden, da wenigstens eine Ursache ganz sicher und zweifellos durch directe Beobachtung zum Vorschein kommt, und zwar die relative Aenderung des Molekularvolumens, welche sich schon durch die Verschiedenheit der Brechungsindices verschiedener Schichten kundgibt und auch durch directe Beobachtung constatirt wird, indem einer kleinen Aenderung in dem chemischen Bestande eine ansehnliche Aenderung in dem specifischen Gewichte entspricht.

Wenn wir aber aus irgend welchem Grunde in einem bestimmten Factor die Ursache einer Erscheinung entdeckt zu haben glauben, so ist das bewährteste Mittel hierzu, diesen Schluss durch die deductiven, daraus zu ziehenden Folgerungen zu verificiren, natürlich aber nur dann, wenn diese Folgerungen ganz eindeutig und nothwendig und nicht einer persönlichen Willkür zugänglich sind. Gerade hier haben wir den Fall vor uns, welchen wir vom streng mathematischen Standpunkte behandeln können.

Haben wir in einem in Bildung begriffenen Krystalle eine Reihe isomorpher Substanzen, welche sich schichtenweise auf einander ansetzen und dabei in der Grösse des Molekularvolumens von einander abweichen, so bildet jede abgesetzte Schicht einen Ausgangspunkt für Dehnungskräfte, da die Molekeln durch die isomorphe Fortwachsung gezwungen sind, einen grösseren resp. kleineren Abstand anzunehmen, als dies bei freier, ungezwungener Krystallisation der Fall wäre. Bekanntermaassen kommt aber die Wirkung von Dehnungskräften durch die Aenderung der optischen Constanten zum Vorschein. Im Allgemeinen wird Druck in einer gegebenen Richtung von Zunahme der optischen Elasticität begleitet<sup>1)</sup>, und natürlich, je stärker der Druck wirkt, desto grösser ist diese Zunahme; in engeren Grenzen kann man die beiden als direct proportional annehmen. Was die Druckkräfte pro Quadratmillimeter betrifft, so können dieselben in erster Linie der Längengrösse proportional gesetzt werden in derjenigen Richtung, in welcher infolge des Absatzes der Substanz diese Kräfte entstehen.

Wollen wir von diesem Standpunkte aus denjenigen idealen Fall behandeln, in welchem erfahrungsgemäss die optische Structur dem Mallardschen Schema entspricht, so ist also anzunehmen, dass die Granatsubstanz mit idealer Regelmässigkeit in der Form des Rhombendodekaëders wächst, so dass wir in jedem Moment des Wachstums diese Form in voller Strenge entstehend haben. Ausserdem ist noch anzunehmen, dass die ursprünglich

1) Die Erscheinung ist z. B. an der Contactfläche einiger natürlicher Gläser gut zu constatiren. Eine solche wurde z. B. an dem Contacte eines Diabasvitrophyrit mit Granit in meinem ersten Berichte über die Nord-Uralische Expedition beschrieben (Nr. 515 in den »Geologischen Untersuchungen im Nord-Ural« im Jahre 1885). Später fand ich eben solche Erscheinungen von anderen Autoren beschrieben, z. B. von Hrn. Brauns.



abgeschiedene Substanz, welche den Krystallkern bildet, sich in einer und derselben Richtung allmählich und regelmässig ändert mit dem fortschreitenden Wachsthum, d. h. dass ihr Molekularvolumen dabei stets ab- resp. zunimmt. Dann erhalten wir schon nicht mehr einzelne anomale Schichten, sondern regelmässig ausgebildete anomale Sectors. Die entstehenden Druckkräfte in jedem einzelnen Sector werden den linearen Dimensionen des Sectors selbst direct proportional; desgleichen auch die Grössen der optischen Elasticität in denselben Richtungen.

Daraus folgt also der Schluss, dass in diesem idealen Falle aus der gegebenen isotropen Substanz eine zweiachsig Substanz entsteht, deren Ellipsoidaxen die beiden Diagonalen der Grenzfläche und die Axe des Sectors selbst sind. Die relativen Werthe der entsprechenden Elasticitätsgrössen<sup>1)</sup> werden denselben Lineargrössen direct proportional sein, also der Länge  $ac$  (Fig. 44) in der Richtung der langen, der Länge  $bd$  in der Richtung der kurzen Diagonale und der Länge  $Oe$  in der Richtung der Axe des Sectors. Diese relativen Lineargrössen sind aber:

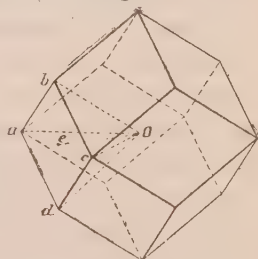
$$\sqrt{2} : 1 : \frac{1}{2}\sqrt{2}.$$

Daraus ersehen wir, dass in der ersten Richtung die Axe der grössten, in der zweiten die der mittleren und in der letzten die der kleinsten Elasticität entsteht, resp. die Axen  $n_p$ ,  $n_m$  und  $n_g$ , also genau so, wie dies aus der directen Beobachtung entnommen wurde.

Ausserdem sehen wir, dass die mittlere Elasticitätsgrösse genau in der Mitte zwischen den beiden anderen steht. Dieser Fall gehört bekanntermaassen denjenigen Ellipsoiden an, welche durch den rechten Winkel zwischen den optischen Axen ausgezeichnet sind, also weder positive noch negative sind. Diese Folgerung stimmt ebenso genau mit der directen Erfahrung. Somit ist also das Mallard'sche Schema in den Rang einer deductiven Folgerung gestellt. Die volle Uebereinstimmung desselben mit der Erfahrung ist das beste Zeugniß, dass die wirkliche Ursache der Erscheinung richtig begriffen und gedeutet wurde.

Ist dem aber so, so kann das Schema nur einen Ausnahme- resp. Grenzfall bedeuten. Im Allgemeinen muss dasselbe mehr oder weniger gestört werden. Die Störung kommt zu Stande, wenn die Substanz nicht so regelmässig mit allmählicher Aenderung des Molekularvolumens abgelagert wird. Dasselbe geschieht, wenn das zu Stande kommende Rhombendodekaëder

Fig. 44.



1) Man begreift wohl, dass ich hier nur denjenigen Theil dieser Grössen im Sinne habe, welcher von den Dehnungskräften abhängig ist, also nur die relative Zunahme resp. Abnahme dieser Grössen.



nicht in seiner idealen Form wächst; jede Combination mit anderen einfachen Formen wird nicht nur zur Störung, sondern zum vollständigen Fallen des Schemas führen müssen. Wie man dies aus den oben dargelegten Beobachtungsthatssachen direct ersieht, sind alle eben angedeuteten deductiven Folgerungen in vollem Grade durch directe Erfahrung bestätigt worden.

Besonders erfreulich scheint mir dabei, dass in dieser eben entwickelten Theorie der optischen Anomalien des Granats die Gesammtheit der von vielen Beobachtern gesammelten Thatssachen in ein harmonisches Ganze zusammenfliesst. Und nicht nur die empirischen Thatssachen, sondern auch die leitenden Gesichtspunkte so hervorragender Specialisten, wie der Herren Brauns, Ben-Saude und ganz besonders C. Klein, werden dadurch meiner Ansicht nach in eine strenge, auf der Erfahrung fussende Theorie vereinigt. Nur die Anschauung Desjenigen, welchem eigentlich die Aufstellung des idealen Falles zu verdanken ist, Mallard's, erweist sich zweifellos als falsch, was übrigens schon vor dem Erscheinen dieser Arbeit fast allgemein zugestanden wurde.

Diese Arbeit wurde im Wesentlichen schon vor zwei Jahren vollendet, als ich noch in den Turjinsk'schen Gruben wirkte. Verschiedene dringende Umstände haben mich aber verhindert, dieselbe in völlig abgeschlossener, druckfertiger Form darzustellen.

---

## XVII. Ueber den Graphitkohlenstoff und die gegenseitigen Beziehungen zwischen Graphit, Graphitit und Graphitoid.

Von

E. Weinschenk in München.

Keiner von den in der Natur vorkommenden elementaren Stoffen dürfte zu so mannigfaltigen und langandauernden Controversen Anlass gegeben haben, wie der Graphit. Ist ja schon der Nachweis, dass derselbe elementarer Kohlenstoff ist, verhältnissmässig spät erst geführt worden, und auch da erhob sich wieder erneuter Streit für und wider diese Anschauung, zumal zu gleicher Zeit etwa dasselbe für den Diamant bewiesen wurde. Weigerte man sich doch anzunehmen, dass der schwarze, weiche, abfärbende Graphit dieselbe Zusammensetzung haben sollte, wie der harte, strahlenprächtige Edelstein.

Während man anfangs den Graphit in seinen verschiedenen Erscheinungsformen bei der geringen Anzahl tauglicher Untersuchungsmethoden, so wie ihn die Natur bot, der Analyse unterzog und desshalb zu den verschiedenartigsten Resultaten über seinen chemischen Bestand gelangte, lernte man erst um die Mitte unseres Jahrhunderts ihn von seinen natürlichen Beimengungen zu sondern, und dadurch wurde der Nachweis seiner elementaren Natur sehr erleichtert.

Die verschiedenen Formen aber, in welchen der Graphit in der Natur vorkommt oder bei technischen Processen entsteht, das sehr verschiedenartige Aussehen, welches er dabei darbietet und die scheinbar verschiedenen chemischen Eigenschaften, die man an ihm beobachtet, boten in der Folgezeit den Anlass zu der Vermuthung, dass die bis dahin unter dem Namen Graphit zusammengefassten Vorkommnisse verschiedenen Modificationen des Kohlenstoffs zugehörten, wie zuerst J. Stingl<sup>1)</sup> im Jahre 1873 betonte; derselbe zeigte die unterscheidenden Merkmale der natürlichen Graphit-

---

4) J. Stingl, Ueber den Graphit. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873, 6, 394.

vorkommnisse näher und vermuthete, dass mindestens zwei verschiedene Modificationen des Kohlenstoffs unter dem Namen Graphit vereinigt seien. W. Luzi<sup>1)</sup> schloss sich diesen Ausführungen an und unterschied die beiden Modificationen durch die Namen Graphit und Graphitit. Inzwischen hatte schon Sauer<sup>2)</sup> eine Varietät, welche bis dahin mit dem Graphit vereinigt war, unter dem Namen Graphitoid abgetrennt, welche aber nicht als krystallisirter, elementarer Kohlenstoff angesehen werden sollte, sondern als eine sehr kohlenstoffreiche, kohlige Substanz, welche der amorphen Kohle nahe stehen würde. Ferner hatten in der Zwischenzeit Berthelot und Petit<sup>3)</sup> durch einige Analysen des als »Graphitsäure« bezeichneten Derivates verschiedener Graphite den Nachweis versucht, dass in dem elektrischen Graphit eine weitere, von den in der Natur vorkommenden Varietäten abweichende Modification des Kohlenstoffs vorhanden sei.

Wenn es nun auch nicht a priori von der Hand zu weisen ist, dass ein Element, welches alle übrigen Elemente durch die Mannigfaltigkeit seiner Atomgruppierungen so weit übertrifft, wie dies beim Kohlenstoff der Fall ist, eine grosse Anzahl verschiedenartiger Modificationen besitzt, welche eben dieser Verschiedenheit von Atomgruppen entsprechen, so ist anderntheils heute die Chemie des elementaren Kohlenstoffs, trotz der überwältigenden Fortschritte in der Kenntniss der Kohlenstoffverbindungen, noch äusserst lückenhaft. Jaman könnte vielleicht mit grösserem Rechte, als dies beim Graphit der Fall ist, bei dem amorphen Kohlenstoff eine noch längere Reihe verschiedenartiger Modificationen vermuthen, denn die Unterschiede in dem Verhalten von Kienruss, von Zuckerkohle, von Holzkohle, von Knochenkohle und Retortenkohle sind um vieles bedeutender als diejenigen, welche die Graphitvarietäten darbieten.

Wenn wir zunächst von dem amorphen Kohlenstoff überhaupt absehen, dessen elementare Natur in den meisten Fällen nicht sicher bewiesen erscheint, und uns hier nur mit denjenigen Bildungen beschäftigen, welche man unter dem Begriff des Graphites subsummiren kann, und die sich insgesamt durch krystallinische Beschaffenheit, metallartigen Glanz, schwarze Farbe, äusserst milden Bruch und geringe Härte auszeichnen, so kommen sowohl künstliche als natürliche Varietäten in Betracht, bei welchen beiden eine Reihe von den äusserst grob- bis grossblättrigen zu den in feinsten Vertheilung befindlichen führt, deren krystallinische Natur selbst bei starker Vergrösserung nur schwer erkannt wird.

1) W. Luzi, Beiträge zur Kenntniss des Graphitkohlenstoffes. Zeitschr. f. Naturwissenschaften 1894—1892, **64**, 224. Ref. diese Zeitschr. **24**, 639.

2) A. Sauer, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem sächs. Erzgebirge. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1885, **37**, 441. Ref. diese Zeitschr. **12**, 527.

3) Berthelot et Petit, Sur les différents états des carbonés-graphites etc. Compt. rend. **90**, 404.

Eine im höchsten Grade charakteristische und eigenartige Reaction, welche zuerst von Schafhäutl<sup>1)</sup> beobachtet, von Brodie<sup>2)</sup> später genauer studirt wurde, bot Stingl und Luzi den Anlass, den Graphit in zwei verschiedene Gruppen zu zerlegen, da eben diese Reaction nur ein Theil der Graphite giebt. Wenn man nämlich bestimmte Graphitvorkommnisse mit einer oxydirenden Flüssigkeit, etwa rauchender Salpetersäure, durchfeuchtet und einer kräftigen Erwärmung über den Siedepunkt dieser Flüssigkeit aussetzt, so tritt plötzlich ein wurmförmiges Aufblähen ein, vergleichbar mit der Bildung der sogenannten Pharaoschlängen, wodurch die ursprünglich dünnen Graphitblättchen sich auf das Hundert- bis Tausendfache ihres ursprünglichen Volumens vergrössern. Bei anderen Graphitvarietäten wiederum bleibt eine derartige Behandlung ohne jeden Erfolg, dieselben verändern sich in keiner Weise. Aber zwischen beiden Reihen steht eine Mittelgruppe, in welcher ein Aufblähen nur theilweise und in sehr geringem Maasse erfolgt.

Wie Luzi mit Recht ausführte, sind beiderlei Graphite deutlich krystallisirt und erscheinen im Mikroskope in hexagonalen Blättchen, wenn sie senkrecht zur Basis beobachtet werden; aber trotzdem ist in ihrer Ausbildung ein charakteristischer Unterschied vorhanden, welcher die Erscheinung des Aufblähens ganz ohne die Annahme complicirter Verwachsungen der aufblähenden Varietäten mit leichter oxydirbaren Stoffen und ohne die Annahme des Vorhandenseins einer besonderen Modification des Kohlenstoffs auf das Einfachste erklärt.

Beim Studium der Graphitlagerstätten des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges hatte ich Gelegenheit, sowohl den eigentlichen Graphit, welcher im bayerischen Antheile ausschliesslich vorhanden ist, als den »Graphitit«, welcher den vorherrschenden Bestandtheil der böhmischen Lagerstätten bildet, in zahlreichen Dünnschliffen ganz verschiedenartiger Gesteine zu studiren. Der letztere tritt zumeist nur in winzigen Individuen auf, welche aber krystallographisch gut begrenzt sind, die »Graphitite« erscheinen daher makroskopisch zumeist dicht; senkrecht zur Hauptaxe geschnitten sind die »Graphitit«-Individuen mehr oder weniger gerundet sechseckig, im Querschnitte zeigen sie meist dicklinsenförmigen Umriss und sind stets sehr compact. Im Gegensatze dazu erscheinen die Individuen des Graphites, welche gewöhnlich um vieles grösser sind, im Querschnitte dünnflächig, und sie sind zumeist im Dünnschliffe nach der vollkommenen Spaltbarkeit weitgehend aufgeblättert, kurzum gegenüber der compacten Beschaffenheit der anderen, welche von glatten Rhomboëderflächen begrenzt werden, und in welchen die Spaltbarkeit nur wenig zum Ausdrucke kommt, erscheint bei diesen das ganze Individuum schon im Gestein nach diesen Spaltflächen

1) Journ. f. prakt. Chem. **21**, 153.

2) Ann. Chem. Pharm. 1860, **94**, 6.



zertheilt, während Randflächen so gut wie vollkommen fehlen. Wenn wohlbegrenzte Krystalle die Aufblähungsreaction geben, so sind das stets grössere, meist makroskopisch hervortretende Individuen, ein Verhältniss, welches man ebenso bei anderen, sehr vollkommen spaltbaren Mineralien, z. B. bei den Mineralien der Glimmergruppe beobachtet, die in kleinen, wohlbegrenzten Kryställchen die Spaltbarkeit kaum beobachten lassen, während grössere oder stark zerflaserte Individuen ausserordentlich leicht nach den Spaltflächen zerfallen<sup>1)</sup>. Dementsprechend geben auch wohlbegrenzte Krystalle von Graphit die Aufblähungsreaction, wenn sie in grösseren Individuen vorhanden sind.

Es sind somit die Graphitite Luzi's insgesamt dichte Varietäten, die Graphite dagegen in der Hauptsache grob- bis feinblättrig und nur selten verhältnissmässig dicht. Hin und wieder kommen auch Graphit und Graphitit zusammen in einem Gestein vor, wo sich dann beide weniger durch ihre Grösse, als durch die oben beschriebenen Eigenschaften im Mikroskope aufs Deutlichste unterscheiden lassen. Wenn man solche Varietäten mit Salpetersäure befeuchtet und erhitzt, so sieht man einzelne, kleine, wurmförmige Gebilde aus der im Ganzen unveränderten Masse hervorsteigen.

Somit kommen wir zu dem Schlusse, dass die Aufblähungsreaction ausschliesslich dadurch hervorgerufen wird, dass die betreffende Graphitvarietät im Stande ist, die oxydirende Flüssigkeit in grösserer oder geringerer Menge capillar auf Spaltrissen aufzusaugen, wo sie mit grosser Zähigkeit selbst bei verhältnissmässig hoher Temperatur festgehalten wird. Dann aber plötzlich, wenn die Flüssigkeit sich in Folge der Einwirkung der Hitze zersetzt, wird unter dem Einflusse der oxydirenden Dämpfe der Graphit theilweise in Kohlensäure verwandelt, und so entsteht mit einem Schlage innerhalb des Blättchens eine ziemliche Menge von Gasen, welche aus Kohlensäure und den Dämpfen der oxydirenden Flüssigkeit bestehen, und die nun rasch einen Ausweg suchen. Dabei wird der weiche, aber wenig spröde Graphit, welcher neben der sehr vollkommenen Spaltbarkeit nach der Basis eine weitere weniger vollkommene nach dem Prisma besitzt, zu den wurmförmigen Gebilden auseinandergezogen, in welchen so häufig krystallographisch von Basis und Prisma, also von den beiden Spaltformen begrenzte Blättchen als Zwischenböden vorhanden sind. Diese letzteren kann man leicht aus dem Gebilde isoliren und sie geben in gleicher Weise, wie das erste Mal behandelt, hin und wieder kleinere Aufblähungsformen von derselben Structur, wie die zuerst erhaltenen. Und wenn man schliesslich die Behandlung so lange fortgesetzt hat, bis eine weitere Aufblähung nicht mehr eintritt,

---

4) Eine directe Analogie mit den sogenannten Vermiculiten, welche eine ganz ähnliche Erscheinung zeigen, wie diese Graphitvarietäten, ist aber insofern nicht vorhanden, als bei ersteren das Aufblähen nur bei stark zersetzten Vorkommnissen eintritt.

so besteht das Gebilde auch dann noch aus einem feinfaserigen Mantel und sechsseitigen, grösseren oder kleineren Täfelchen als Zwischenböden, welch letztere compact sind, und von welchen das oxydirende Mittel nicht mehr aufgesogen wird.

Diese verhältnissmässig einfache Deutung der auf den ersten Anblick auffallenden Erscheinung beruht zunächst auf der Anschauung, dass der Graphit durchaus nicht so widerstandsfähig gegen oxydirende Agentien ist, als man im Allgemeinen annimmt, und dass er, zumal in Gegenwart stark oxydirender Gase, schon bei verhältnissmässig niederer Temperatur ziemlich stark angegriffen wird. Die weiter unten angeführte Reihe von Verbrennungen dürfte dies auf's Klarste beweisen. Man braucht also durchaus keine Einlagerungen von leichter verbrennlichen Substanzen zwischen den Graphitlamellen anzunehmen, um die bei der Aufblähungsreaction entstehende Kohlensäure, welche stets nachgewiesen werden kann, zu erklären, sondern nur die Annahme zu machen, dass kleine, compacte Krystalle eines Minerals weniger von Spaltrissen durchzogen sind, als grössere Krystalle oder aufgeblätterte Massen, eine Erscheinung, welche man allenthalben bei gut spaltbaren Mineralien beobachtet. Im Allgemeinen findet man dementsprechend auch, dass grossschuppige Varietäten bei gleicher ursprünglicher Dicke der Blättchen um vieles längere Aufblähungsformen geben als feinschuppige, und man kann beobachten, dass die ersteren, in einen Tropfen rauchender Salpetersäure gelegt, denselben mit grosser Schnelligkeit aufsaugen, während letztere davon nur wenig aufnehmen.

Das Aufblähen einer Graphitvarietät ist somit nicht in einer besonderen Atomgruppierung, sondern in der mehr oder weniger compacten Beschaffenheit der Krystalle begründet, und es liegt daher kein Grund vor, in dem verschiedenen Verhalten der Varietäten des Graphites in dieser Beziehung einen Beweis für das Vorhandensein zweier Graphitmodificationen zu sehen.

Auch die Beobachtung von Moissan<sup>1)</sup>, dass durch Zersetzung irgend einer Kohlenstoffverbindung oder durch Condensation von dampfförmigem Kohlenstoff entstehender Graphit sich nicht aufbläht, dass dieser aber dann durch Lösen in einem geschmolzenen oder erweichenden Metall leicht in sich aufblähenden übergeführt werden kann, ist nach Obigem nicht als Beweis für das Vorhandensein zweier Graphitmodificationen anzusehen. Die bei den ersten Processen entstehenden Graphitblättchen sind zumeist winzig klein, theils auch sehr compact, die Beschaffenheit des sich aus dem schmelzflüssigen Metall ausscheidenden Graphits ist dagegen, wie allgemein bekannt, ziemlich grossblättrig.

1) H. Moissan, Préparation au four électrique, de graphites foisonants. Compt. rend. **120**, 47. Ref. diese Zeitschr. **27**, 538.

Ein weiterer Beweis für die Nothwendigkeit der Zerlegung der Graphitvorkommnisse in zwei oder drei Gruppen wird in der verschiedenen Beschaffenheit des aus den verschiedenen Graphiten durch Oxydation mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali hervorgehenden Oxydationsproductes, der sogenannten Graphitsäure gesehen. Dieses Product, welches eingehender von Brodie (l. c.), Gottschalk<sup>1)</sup>, Stingl (l. c.), Berthelot (l. c.) und endlich von Luzi (l. c.) studirt wurde, ist eine eigenthümliche, H und O enthaltende Kohlenstoffverbindung von saurem Charakter, welche bis jetzt aus keinem anderen Körper als dem Graphit erhalten wurde und daher eine für diesen in höchstem Maasse charakteristische Reaction darstellt. Diese Graphitsäure, dargestellt aus blättrigem, eigentlichem Graphit, besteht aus goldgelben Blättchen, welche im Mikroskope betrachtet, Form, Grösse und Spaltbarkeit der ursprünglichen Graphitblättchen erhalten haben, also wohl Pseudomorphosen nach diesem sind. Dabei sind sie aber zum grossen Theil vollständig einheitlich und geben im convergenten polarisirten Lichte das Axenbild eines optisch einaxigen, negativen, sehr stark doppeltbrechenden Krystalls. Die Graphitsäure ist somit nicht, wie Luzi und Andere vermutheten, rhombisch oder monoklin, sondern hexagonal, ebenso wie der Graphit, aus welchem sie hervorging.

Die Umbildung des Graphits in Graphitsäure erfolgt in der Weise, dass zunächst der Graphit äusserlich sein Aussehen noch behält, während er schon eine tiefgehende Veränderung erlitten hat, indem er Wasserstoff und Sauerstoff aufnahm; das so erhaltene Product zersetzt sich beim Erhitzen fast ebenso heftig, wie die fertige Graphitsäure, und hinterlässt eine leichte, pulverige Substanz, welche zwar noch metallischen Strich hat, aber in ihrer Zusammensetzung dem Graphit selbst fern steht. In einem weiteren Stadium werden die Blättchenschwarzgrün, dann smaragdgrün und endlich gelbgrün und goldgelb, wobei wahrscheinlich eine fortgesetzte Zunahme des Gehaltes an Sauerstoff stattfindet, bis in den goldgelben Blättchen die eigentliche Graphitsäure vorliegt, welche durch weiter fortgesetztes Behandeln mit demselben oxydirenden Gemenge in Mellitsäure übergeht. Diese sämmtlichen grünen bis gelben Umwandlungsproducte zersetzen sich beim Erhitzen unter grosser Heftigkeit zu einem Pyrooxyd von schwarzer Farbe, welches um so weniger metallisch glänzenden Strich hat und um so feiner vertheilt ist, je weiter die Oxydation vorgeschritten war. Alle die verschieden grünen bis gelben Oxydationsproducte des Graphits verhalten sich optisch gleich der Graphitsäure, es ist daher, bei der krystallographischen Uebereinstimmung dieser mit dem Graphit selbst, ein hoher Grad von Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass die Graphitsäure in ihrer Molekularstructur dem Graphit sehr nahe steht, und dass

---

1) F. Gottschalk, Beiträge zur Kenntniss der Graphitsäure. Erdmann's Journ. Chem. 1865, 95, 321.



eine Erkenntniss der ersteren in dieser Beziehung Licht auf den Aufbau des Graphitmoleküls werfen müsste. Die Graphitsäure selbst ist, wenn sie von der Salpetersäure befreit ist, ein äusserst unbeständiger Körper, welcher sich unter der Einwirkung des Lichtes rasch braun verfärbt und beim Trocknen selbst ohne Anwendung erhöhter Temperatur trübe wird. Längere Zeit auf dem Wasserbade mit Kalilauge behandelt, giebt sie eine bräunlich-violette Lösung, aus welcher durch Barytwasser oder Bleiessig eine schwärzlichbraune, schmierige Substanz gefällt wird. Im Uebrigen ist, schon abgesehen von dieser geringen Beständigkeit, die Graphitsäure ein sehr wenig geeigneter Ausgangspunkt für Untersuchungen, weil ein sicherer Nachweis, dass eine einheitliche Substanz vorliegt, ganz unmöglich ist. Das letztere gilt natürlich in noch höherem Maasse für das Pyrographitoxyd, da dieses vollständig opak ist.

Gegenüber diesen Eigenschaften der eigentlichen Graphitsäure soll nach den verschiedenen Autoren die »Graphititsäure« sich zunächst dadurch unterscheiden, dass sie amorph ist, sodann durch die Erscheinung, dass das Pyrographititoxyd ein viel stärkeres Färbungsvermögen besitzt als das Pyrographitoxyd. Dagegen ist zu bemerken, dass ich mir aus einer grossen Anzahl von Graphititen und zwar von Schwarzbach und Krumau in Böhmen, von Kaisersberg in Steiermark, von Turuchansk und den Alibert'schen Gruben in Sibirien, von Graphitit aus langgeglühtem Roheisen, von elektrischem Graphit etc. das entsprechende Oxydationsproduct darstellte und bei mikroskopischer Untersuchung in allen Fällen mit Sicherheit constatiren konnte, dass dasselbe ausschliesslich aus krystallinischen Schuppen bestand, welche allerdings entsprechend der Feinheit der angewandten Graphitsorten sehr geringe Dimensionen besaßen, welche aber in Farbe, Lichtbrechung, Doppelbrechung und Charakter der Doppelbrechung auf das Vollkommenste mit der eigentlichen Graphitsäure übereinstimmten, ganz abgesehen davon, dass überall nach genügend langem Suchen einzelne Blättchen beobachtet wurden, welche das Axenbild eines optisch einaxigen, negativen Krystalls von starker Doppelbrechung gaben. Auch der Unterschied in der Deckkraft und dem Färbungsvermögen zwischen den Pyrooxyden der beiden Gruppen ist äusserst gering und fällt innerhalb der Grenzen subjectiver Anschauung.

Nun geben aber andernteils Berthelot und Petit (l. c.) je eine Analyse von drei Graphitsäurevariätäten und von deren Pyrooxyden: 1) aus Hochofengraphit (wohl der gewöhnliche, grossblättrige und sich stark aufblähende Graphit, welcher aus dem schmelzflüssigen Eisen oder den sogenannten Eisensauen auskrystallisirt); 2) aus natürlichem Graphit (ob blättriger oder dichter, ist durch den Ausdruck »plombagine« nicht klar gelegt, ich vermuthe aber, da er in Gegensatz zu dem ersteren gestellt wird, dass es sich um eine dichte Variätät handelt); 3) aus elektrischem Graphit.



Die Resultate der Analysen der drei Graphitsäuren giebt folgende Tabelle:

	1.	2.	3.
<i>C</i>	62,7	56,2	52,05
<i>H</i>	1,3	1,5	1,55
<i>O</i>	36,0	42,2	46,42

Durch diese Zusammenstellung wäre die Dreitheilung des Graphites so gut wie bewiesen, wenn man nicht die geringe Beständigkeit der Graphitsäure einestheils in Rechnung ziehen müsste, und wenn andernteils eine Möglichkeit vorhanden wäre, die Reinheit der analysirten Substanz zu erweisen. Entgegen stehen diesem Resultate ferner alle Ergebnisse der Untersuchung natürlicher Graphite, von welchen man die grossblättrigen bis schuppigen, eigentlichen Graphite doch wohl für identisch mit dem Hochofengraphit wird erklären müssen. Folgende Analysen von Graphitsäuren mögen zum Beweis hier Platz finden.

Untersucht von	Gottschalk		Luzi	Stingl	Berthelot u. Petit	
Varietät	Graphit			Graphitit		
Localität	Ceylon		Steiermark	Böhmen	?	
<i>C</i>	56,99	56,30	55,73	56,23	56,18	
<i>H</i>	1,77	1,86	1,87	1,83	1,51	
<i>O</i>	41,24	41,84	42,35	41,94	42,26	

Diesen Analysen nach sind somit Graphitsäure und Graphititsäure gleich zusammengesetzt, während dagegen wieder eine Analyse von Brodie vorliegt, welche an einer Graphitsäure aus dem mehrfach untersuchten Graphit von Ceylon angestellt wurde und die sich derjenigen von Berthelot und Petit aus Hochofengraphit nähert, sie ergab:

<i>C</i>	61,04
<i>H</i>	1,85
<i>O</i>	37,11

Da ferner der elektrische Graphit von Berthelot und Petitselbst als unrein angegeben wird, halte ich den Beweis gegen die Identität dieser drei Varietäten nicht für erbracht, zumal auch im optischen Verhalten, in der Löslichkeit in Kalilauge etc. vollkommene Analogie zwischen den verschiedenen Varietäten herrscht.

Bemerken möchte ich hier nur noch, dass auch in der Oxydirbarkeit der verschiedenen Graphitvorkommnisse grosse Unterschiede vorhanden sind. Besonders leicht oxydirt werden sehr feinschuppige Aggregate, wenn sie genügend pulverisirt sind, etwas schwerer der sogenannte Hochofengraphit, welcher überhaupt sehr wenig compact ist und daher besonders schöne Aufblähungsformen giebt, noch schwerer die natürlichen blättrigen

Graphite, zumal wenn sie vor der Behandlung nicht aufgebläht wurden, am schwierigsten aber die in winzigen, sehr compacten Krystallen auftretenden Graphite des südlichen Böhmerwaldes. In allen Fällen hat die Graphitsäure die Form des ursprünglichen Materials, die feinschuppigen Varietäten geben feinschuppige Aggregate, die merkwürdigerweise stenglige aus den Alibert-Gruben stenglige etc.

Ein fernerer Unterscheidungsmerkmal zwischen Graphit und Graphitit soll in dem verschiedenen Verhalten gegen schmelzenden Salpeter liegen, wobei der Graphitit unter Aufleuchten verbrennt, der Graphit dagegen kein Aufleuchten hervorbringt. In dieser Beziehung darf wohl nur an den Unterschied zwischen Eisenfeilspähnen und compacten Eisenstücken erinnert werden, um das verschiedene Verhalten der gröber und der feiner schuppigen Varietäten zu erklären.

Luzi untersuchte des Weiteren eine Anzahl von Graphiten und Graphititen, welche sorgfältig gereinigt waren, quantitativ analytisch und constatirte auch hier vollständige Gleichheit. Bemerkenswerth ist dabei, dass alle untersuchten Varietäten einen Gehalt an H ergaben und zwar meist 0,4—0,2%, welcher wohl auf mechanisch festgehaltenen Wasserdampf zurückzuführen ist.

Ferner bestimmte Rammelsberg<sup>1)</sup> das specifische Gewicht von Vorkommnissen der beiden Gruppen, er fand:

Graphite	{ Ceylon	2,257
	{ Borrowdale	2,286
	{ Hochofengraphit	2,30
Graphitite	{ Alibert	2,275
	{ Upervnik (Grönl.)	2,298
	{ Arendal	2,321

was, unter Berücksichtigung der allenthalben vorhandenen geringen Uneinheiten, vollständige Uebereinstimmung bedeutet.

Einen Unterschied zwischen den verschiedenen Graphitvarietäten und namentlich auch eine Erklärung für die Aufblähungserscheinung konnte des Weiteren in dem Glühverluste gegeben sein, welcher von Rammelsberg (l. c.) und Mène<sup>2)</sup> an einer grösseren Anzahl von Graphitvorkommnissen bestimmt wurde. Sie fanden als Glühverlust:

a) Rammelsberg:

Triconderoga	Ceylon	Borrowdale	Alibert	Tunguska
Graphite:			Graphitite:	
3,85	2,56	3,8—5,08	2,53	1,77—2,38

1) C. Rammelsberg, Ueber den Graphit. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873 6, 187.

2) Compt. rend. 64, 404.

## b) Mène:

Passau	Ceylon	Borrowdale	Alibert	Mugrau	Schwarzbach
Graphite:			Graphitite:		
7,30	5,40	4,40	0,72	4,40	4,05

Eine Unterscheidung zwischen Graphit und Graphitit lässt sich auch aus diesen Zahlen nicht geben. Da aber einestheils die Frage interessant schien, welcher Art dieser »Glühverlust« war, und da ferner die Angaben über die Verbrennbarkeit des Graphites überhaupt weit von einander abweichen, indem die einen ihn an der Luft für überhaupt unverbrennbar halten, andere<sup>1)</sup> wieder angeben, dass gewisse, gut krystallisirte Vorkommnisse schon in Bunsenbrenner verbrennen, unternahm ich selbst in dieser Richtung eine grössere Anzahl von Versuchen. Dieselben wurden in der Weise durchgeführt, dass theils Rohmaterial, theils Raffinaden, theils endlich durch mehrfach wiederholtes Schmelzen mit *KOH* vollständig gereinigte Graphite in einem Platintiegel nach einander über einem und demselben Brenner bei etwa  $\frac{1}{4}$  gelüftetem Deckel zuerst  $\frac{1}{2}$  Stunde, dann noch eine Stunde und endlich weitere drei Stunden erhitzt wurden. Die »Glühverluste« waren die folgenden:

A. Graphite.		I.	Ia.	II.	III.
Varietät:		Ia. Flinz <sup>2)</sup>	Ders.	Ders. mit	Ders.
Localität:		Passau	auf 100 ber.	<i>KOH</i> gerein.	aufgebläht
Angewandt		0,5585 g		0,5454 g	0,3162 g <sup>3)</sup>
Verlust nach $\frac{1}{2}$ St.		9,51 %	40,43 %	5,37 %	44,80 %
- - $\frac{1}{2}$ St.		16,69	48,37	9,70	77,33
- - $\frac{1}{2}$ St.		56,64	62,40	20,94	94,84
Rückst. nach völliger Verbrennung		8,84		0,07	0,00
		IV.	V.	Va.	VI.
Varietät:	Grossblättriger		Rohgraphit	Ders. auf 100	Handelswaare
Localität:	Ceylon		Triconderoga	ber.	Ceylon
Angewandt		0,5448 g	0,5434 g		0,5442 g
Verlust nach $\frac{1}{2}$ St.		8,02 %	49,47 %	20,20 %	27,49 %
- - $\frac{1}{2}$ St.		15,25	25,88	26,84	64,55
- - $\frac{1}{2}$ St.		49,34	37,44	38,84	70,45
Rückst. nach völliger Verbrennung		0,00	3,60		47,79

1) Osann, Mitth. bad. geol. Landesanst. 1892, 2, 376.

2) Als Flinz bezeichnet man im Passauer Gebiete die für die Tiegelfabrikation gereinigten Graphite.

3) Die verhältnissmässig geringe Quantität war durch das grosse Volumen des aufgeblähten Graphits geboten, welcher den Tiegel völlig erfüllte.

	Via.	VII.	VIIa.	VIII.	VIIIa.
				»Fetter«	
Varietät:	Ders. auf 100	Rohgraphit	Ders. auf 100	Rohgraphit	Ders. auf 100
Localität:	ber.	Borrowdale	ber.	Schwarzbach	ber.
Angewandt		0,5514 g		0,5575	
Verlust nach $\frac{1}{2}$ St.	33,43 %	17,55 %	18,28 %	5,54 %	6,44 %
- - $\frac{1}{2}$ St.	74,87	37,62	39,18	12,27	14,33
- - $\frac{1}{2}$ St.	85,70	78,03	81,27	37,00	43,31
Rückstand		3,99		14,56	

# B. Graphitite. IX.

	IXa.	X.	XI.	XIa.
Varietät:	Rohgraphit	Ders. auf	Rohgraphit	Ders. auf
Localität:	Krumau	400 ber.	Alibert	400 ber.
Angewandt	0,4866 g	0,5290 g	0,5584 g	
Verl. nach $\frac{1}{2}$ St.	11,63 %	6,04 %	5,38 %	5,56 %
- - $\frac{1}{2}$ St.	26,23	23,87	37,50	38,72
- - $\frac{1}{2}$ St.	45,30	94,42	94,34	94,31
Rückstand	54,70	0,13	3,15	

	XII.	XIIa.	XIII.	XIIIa.
Varietät:	Harter Rohgraphit	Ders. auf	Rohgraphit	Ders. auf
Localität:	Schwarzbach	400 ber.	Kaisersberg	400 ber.
Angewandt	0,5716 g		0,5417 g	
Verlust nach $\frac{1}{2}$ St.	6,89 %	12,04 %	5,24 %	5,85 %
- - $\frac{1}{2}$ St.	36,25	63,36	11,81	12,89
- - $\frac{1}{2}$ St.	57,21 1)	100,00	71,05	79,38
Rückstand	42,79		10,49	

Aus dieser Zusammenstellung folgt, dass eine Glühverlustbestimmung bei Graphit absolut ohne Werth ist, und dass ferner jeder Graphit in der Temperatur des Bunsenbrenners verbrennt, wobei die Schnelligkeit der Verbrennung nicht nur von der Grösse der Schuppen, sondern ebenso sehr von seiner grösseren oder geringeren Reinheit abhängig ist. Dieses Verhältniss erhellt am klarsten bei Vergleichung der Zahlen unter Ia., II. und III.; der gereinigte Graphit verbrennt um vieles langsamer als der unreine, während dagegen das Aufblähen, welches eine starke Zerkleinerung des Materials hervorbringt, auch eine Beschleunigung der Verbrennung bewirkt. Indessen zeigen die Tabellen sehr wenig Gleichmässigkeit in den Resultaten, was wohl von Zufälligkeiten abhängig ist, wie die ungleich weite Lüftung des Tiegeldeckels oder ungleicher Gasdruck etc. Jedenfalls aber sind zwischen Graphit und Graphitit auch in dieser Beziehung keine grösseren Unterschiede vorhanden, als man sie bei einer und derselben Substanz in verschiedener Vertheilung erwarten darf.

1) Die Verbrennung war nach 3 St. vollendet.



Aus all diesem folgt, dass kein auch noch so geringer Grund vorliegt, zwischen Graphit und Graphitit zu unterscheiden, sondern dass dieselben vielmehr identisch sind.

Es lag nahe, im Zusammenhange mit diesen Untersuchungen auch den Graphitoid Sauer's (l. c.) etwas genauer zu prüfen und seine Stellung zum Graphit zu erforschen, zumal mir bei geologischen Untersuchungen in den Centralalpen ein ganzes Schichtensystem auffiel, welches eine dem Graphitoid durchaus ähnliche Substanz in grosser Menge führt. Ebenfalls mit dem Graphitoid wurde von Sandberger<sup>1)</sup> ein Vorkommen im Kalk bei Wunsiedel im Fichtelgebirge identificirt, wo das Mineral sich in kleinen, dichten, schwarzen, mehr oder weniger rundlichen Klümpchen oder auch als Imprägnation des Kalkes selbst findet.

Sauer beschreibt den Graphitoid in der Glimmerschiefer- und Phyllitformation des sächsischen Erzgebirges als Imprägnation oder russähnlichen Anflug auf den Schichtflächen ohne eine Spur einer krystallinischen Structur und giebt an, dass derselbe leicht im Bunsen'schen Brenner verbrennt. Die Analyse, welche Sauer von seinem Mineral giebt, kann für oder gegen die elementare Natur desselben nicht entscheiden, da er 73,85% Asche in demselben fand, und ebenso wenig beweisen die Analysen von Luzi<sup>2)</sup>, welcher gereinigtes Material mit 15,34% und mit 2,48% Asche analysirte und in demselben einen Gehalt von 0,3—0,5 H constatirte, also nur wenig verschiedene Werthe von denjenigen, welche er in eigentlichen Graphiten gefunden hatte, und deren höherer Betrag sich hier mit der äusserst feinen Vertheilung des Materials leicht erklärt. Derartig feine Pulver haben eben die Fähigkeit, hygroskopisches Wasser auch in grösseren Mengen mit äusserster Hartnäckigkeit festzuhalten. Durch die freundliche Vermittelung von Herrn Sauer und Herrn Geheimen Bergrath Credner kam ich in den Besitz einiger Stückchen von dem graphitoidführenden Originalschiefer von Kleinolbersdorf, Sect. Schellenberg, Sachsen, wofür ich den beiden Herren herzlichst Dank sage.

Von dem sog. »Graphitoid« von Wunsiedel erhielt ich von Herrn Apotheker Schmidt daselbst eine grössere Menge Material, wofür ich auch diesem Herrn bestens danke, von dem centralalpinen lag mir von meinen eigenen geologischen Aufnahmen hinreichend Material vor.

Von diesen drei Vorkommnissen zeichnet sich das Vorkommen von Wunsiedel dadurch aus, dass es in compacten Stücken am graphitähnlichsten aussieht; im matten, schwarzen Bruch sieht man stets kleine, flimmernde Graphitblättchen, und sein Strich ist ebenso glänzend, wie derjenige eines guten, weichen Bleistiftes. Die Behandlung mit rauchender Salpeter-

1) F. Sandberger, Graphitoid im körnigen Kalke von Wunsiedel. Neues Jahrb. f. Mineral. 1888, 1, 202. Ref. diese Zeitschr. 17, 309.

2) W. Luzi, Ueber Graphitoid. Berg- u. Hüttenmännische Zeitung 1893, 52, 12.

säure und chlorsaurem Kali ergab Graphitsäure von feinschuppiger Beschaffenheit mit verhältnissmässig zahlreichen grösseren Blättchen, an welchen die volle optische Uebereinstimmung mit der eigentlichen Graphitsäure constatirt werden konnte. Auch die chemischen Eigenschaften derselben sind durchaus die gleichen, so dass an der Identität beider Substanzen nicht zu zweifeln ist. Das spec. Gew. eines reinen Stückchens von »Graphitoid«, welches bei nachheriger Verbrennung keine Spur von Asche hinterliess, wurde zu 2,254 bestimmt; die Uebereinstimmung des Wunsiedler Minerals mit dem Graphit ist daher eine vollständige.

Aus dem erwähnten Schiefer von Kleinolbersdorf, sowie aus einem besonders »Graphitoid«-reichen Schiefer von der Kleinitz im Gross-Venediger-Gebiete wurde durch mehrfach wiederholtes Schmelzen mit  $KOH$  der »Graphitoid« rein dargestellt. Derselbe erwies sich in beiden Fällen als matter, lockerer, vollkommen schwarzer Staub, in welchem unter dem Mikroskope einzelne metallglänzende, graphitähnliche Blättchen erkannt wurden, welche in dem Vorkommniss von Kleinolbersdorf noch etwas grösser waren als in dem von der Kleinitz.

Durch Oxydation gaben beide, und zwar ungewöhnlich rasch<sup>1)</sup>, ein gelbes Oxydationsproduct, welches in optischer und chemischer Beziehung mit der Graphitsäure übereinstimmt, nur dass die Substanz noch viel feinschuppiger ist, so dass an dem Producte aus dem Vorkommniss von der Kleinitz Beobachtungen im convergenten Lichte überhaupt nicht mehr ausgeführt werden konnten. Diese höchst charakteristische Reaction weist somit auf die Identität des Graphitoides mit dem Graphit hin und zeigt jedenfalls, dass der Graphitoid kein amorpher Kohlenstoff ist, mit welchem ihn Sauer vergleicht, sondern dass der Graphitoid vielmehr ein äusserst feinkrystallinisches Aggregat von Blättchen ist, deren ursprüngliche Form hier wie überall durch die Form der Graphitsäure erhalten wurde.

Unter der Einwirkung von rauchender Salpetersäure und chlorsaurem Kali lösen sich nämlich alle Formen von sog. amorphem Kohlenstoff ohne jeden Rückstand auf, wie dies auch Inostranzeff für den Schungit angiebt. Ich untersuchte in dieser Beziehung verschiedene Arten von Cokes, Gaskohle, Knochenkohle, Holzkohle, Kienruss und Zuckerkohle, welche insgesamt vor der Zersetzung einer langandauernden Erhitzung vor dem Gebläse ausgesetzt worden waren, und erhielt dabei durchgängig das Resultat, dass in verhältnissmässig kurzer Zeit die ganze Substanz gelöst und eine klare, braune bis gelblichbraune Flüssigkeit zurückgeblieben war.

1) Ich möchte hier einen Irrthum berichtigen, welcher sich in meiner Beschreibung der »Minerallagerstätten des Gross-Venedigerstockes« findet (vergl. diese Zeitschrift 26, 386). Dass ich damals aus diesen Graphiten keine Graphitsäure erhielt, ist der Verwendung zu wenig concentrirter Salpetersäure zuzuschreiben.

Daher glaube ich berechtigt zu sein, aus der Möglichkeit, den »Graphitoid« in Graphitsäure umzuwandeln, allein schon auf die Identität von Graphit und Graphitoid schliessen zu dürfen. Jedenfalls beweist das Vorhandensein winziger krystalliner Blättchen und Schuppen in all diesen Varietäten, dass es sich hier thatsächlich um sehr fein krystallinische, keinesfalls amorphe Substanzen handelt, deren Erkenntniss bei der vollständig opaken Beschaffenheit des Graphites in so feiner Vertheilung allerdings sehr schwierig erscheint, in den Blättchen der durchsichtigen, stark doppeltbrechenden Graphitsäure aber, welche hier, wie überall, die Form des ursprünglichen Minerals wahrt, auf optischem Wege leicht deutlich gemacht werden kann.

Um mich ferner zu überzeugen, ob die Verbrennbarkeit dieser äusserst fein vertheilten Substanzen eine so weit von derjenigen des echten Graphites abstehe, machte ich in derselben Art und Weise wie bei jenen Verbrennungsversuche mit gereinigtem »Graphitoid«, deren Resultat folgendes war.

Localität:	Wunsiedel	Kleinitz	Kleinolbersdorf
Angewandt	0,5074 g	0,5576 g	0,5328 g
Verlust nach $\frac{1}{2}$ St.	33,85	38,60	42,13
- - $1\frac{1}{2}$ St.	75,95	72,54	76,30

nach  $1\frac{1}{2}$  bis 2 weiteren Stunden waren die drei Proben ohne Rückstand verbrannt. Ein durchgreifender Unterschied ist daher auch in dieser Beziehung gegenüber dem eigentlichen Graphit nicht vorhanden.

Von einer Elementaranalyse der drei Vorkommnisse glaubte ich unter diesen Verhältnissen absehen zu können, da die drei von dem Vorkommen von Kleinolbersdorf ausgeführten hinlänglich beweisend sind, dass der Graphitoid reiner Kohlenstoff ist. Eine Bestimmung des specifischen Gewichtes erwies sich bei den beiden letzten Vorkommnissen als unthunlich, da die Feinheit ihrer Vertheilung ein genaues Resultat nicht erwarten liess.

Ich glaube in Obigem nachgewiesen zu haben, dass die bisher als Graphit, Graphitit und Graphitoid aufgeführten natürlichen Vorkommnisse, ebenso wie die entsprechenden künstlichen Producte der Hochöfen, der elektrischen Bogenlampe und endlich diejenigen, welche beim Eindampfen der Cyanverbindungen enthaltenden Mutterlaugenrückstände der Sodafabrikation entstehen, insgesamt eine und dieselbe Modification des Kohlenstoffes darstellen, und daher auch alle schlechtweg als Graphit bezeichnet werden müssen. Besonders zu betonen ist, dass ein in hohem Grade bezeichnendes Charakteristikum des Graphitkohlenstoffes in der Eigenschaft liegt, durch Oxydation in die an und für sich noch räthselhafte Graphitsäure überzugehen, welche bis jetzt weder aus anderen Modificationen des Kohlenstoffes noch auch aus Kohlenstoffverbindungen erhalten wurde, und die jedenfalls eine der Molekularstruktur des Graphites äusserst nahe stehende Constitution besitzt.

## XVIII. Kürzere Originalmittheilungen und Notizen.

### 1. C. Ochsenius (in Marburg): Verschiedene Grade von Durchsichtigkeit an einzelnen Chlornatriumkrystallen.

Das Vorkommen von ringsum ausgebildeten Steinsalzwürfeln, die porphyrartig im Schlamme des Todten Meeres liegen, von solchen im Salzthon und von kubischen, zum Theil später verzerrten Hohlräumen in anderen Gesteinen, welche nur auf Steinsalzkrystalle bezogen werden können, brachte mich zur Vermuthung, dass derartige Gebilde sich wohl stets aus Lösungen niederschlugen, die, über einem erdigen Grunde stehend, langsam verdunsten und sich concentriren. Im Gegensatze hierzu sind die sogenannten *hoppers*, die Steinsalzwürfel mit bloss partieller Ausbildung, die als Pseudomorphosen sich auf Absonderungsflächen verschiedener Sandstein- und Schieferlager antreffen lassen, in den meisten Fällen aus Laken entstanden, die im Boden von unten nach oben aufstiegen, wie das in den Alkalistrecken um Berkeley in Californien von Hilgard 1895 beobachtet worden ist.

Um den Werdegang der erstgenannten Krystalle zu prüfen, liess ich eine Lösung von gewöhnlichem Küchensalz etwa 5 cm hoch über einer Schicht gröblich gepulverten Buntsandsteins bei Zimmertemperatur verdunsten. Nach 35 Tagen (am 5. October v. J.) konnte ich zahlreiche Chlornatriumwürfelchen zerstreut auf der sandigen Oberfläche erkennen. Allmählich entstanden auch, besonders am Rande des mit einer steifen Pappe lose bedeckten Glasgefässes, Krystallgruppen, die sich theilweise zu Krusten vereinigten; in der Mitte des Gefässes jedoch befanden sich fast täglich einzelne Hexaëderchen lose auf dem Grunde liegend; nur wenige hatten sich an einem Klümpchen Sandsteins festgesetzt. Alle blieben bis jetzt unter 4 mm Kantenlänge.

Ich fischte diejenigen, welche durch eigenthümliche sternförmige Lichtreflexe (Strahlen) im Wasser meine Aufmerksamkeit erregten, heraus und habe bis jetzt über 150 davon gesammelt, welche alle dasselbe mir bis jetzt am Steinsalze unbekannt gebliebene optische Verhalten wahrnehmen lassen, welches in nebenstehender Figur angedeutet ist (7—30 Mal vergrössert).



Die opak gebliebenen, nur schwach durchscheinenden Partien sind schraffirt; sie stellen sich auch so unter dem Mikroskope heraus und lassen stellenweise bei starker Vergrösserung kleine Pünktchen (Luftbläschen) erkennen. Die nicht schraffirten Partien sind durchsichtig und ergeben, wenn man die Kryställchen auf eine



dunkle Unterlage bringt, schon für das unbewaffnete Auge ein schwarzes Kreuz in dem weissen Quadrat oder Rechteck der Würfelfläche.

Bei vielen Individuen erscheint dieses Strahlenkreuz gleich deutlich, einerlei welche Seite man nach oben kehrt, bei anderen ist die Zeichnung in zwei Richtungen deutlicher als in der dritten, und bei noch anderen ist sie nur in einer Lage gut sichtbar.

Nicht immer befindet sich das Centrum der Figur im Mittelpunkte der Würfelfläche, sondern etwas abseits, auch nicht immer erscheinen die Kreuzesflügel so breit, dass sie einen halben Quadranten einnehmen. Die Mehrzahl der isolirten Krystalle lässt die Erscheinung wahrnehmen. Chemismus scheint nichts damit zu thun haben, weil alle, isolirt oder in Gruppen oder Krusten, mit oder ohne Kreuz, aus derselben Lösung in gleicher Zeit hervorgegangen sind. Ebenso wenig ist das optische Verhalten auf die ringsum ausgebildeten Krystalle beschränkt, 5—6 schnurartig aneinandergereihte sind gleichartig gezeichnet, und einzelne vom Rande einer Gruppe oder Kruste abgebrochene Würfel verhielten sich ganz so wie die Mehrzahl der isolirten.

Ueber meine Beobachtungen schrieb mir der Salinendirector Buschmann-Heilbronn, dass sie für ihn nicht neu seien. Da wo Soollachen in der Grube langsam verdunsten, scheiden sich an altem Holze ähnliche Krystalle aus. Ich denke mir die Sache so, dass von einem kleinen Würfel aus sechs Tellerchen zu einem grösseren Würfel auskrystallisiren; die Trichter der Teller krystallisiren erst später voll. Die schrägen Seiten der Trichter bilden vielleicht eine dichtere Zone von Salz, welche das Licht anders durchlässt als das zuletzt in den Trichtern angesetzte Salz. Ist das der Fall, so muss nothwendig die Kreuzform entstehen.

Professor H. Bücking-Strassburg machte mir folgende Mittheilung:

»Im hiesigen Institut befinden sich als Gegenstücke zu Ihren Chlornatriumwürfeln ein Paar Alaunkrystalle von einem halben Fuss Durchmesser. Auch hier dichte Aneinanderlagerung in der Richtung der Hauptaxen und in diesen wasserhell, und nachheriger oder gleichzeitiger Blätterbau (d. h. Ausbildung von Lamellen ohne absolute gegenseitige Berührung) über den Oktanten. Bei den Salzkristallen erkennt man im Mikroskope, wo zwischen gekreuzten Nicols alles gleichzeitig dunkel wird (das Kreuz in der Mitte intensiver), dass Luft- und Flüssigkeitseinschlüsse parallel den Würfelflächen geordnet an den Ecken des Würfels liegen; in der Mitte fehlen sie. Bei unseren Alaunen kann man zwischen die den Oktaëderflächen parallel geordneten Lamellen stellenweise Cartonpapier einschieben, so locker liegen sie aneinander.«

F. Klocke berichtete über derartige Beobachtungen unter der Ueberschrift: »Polarisations-Erscheinungen des Ammoniak-Thonerde-Alauns in hexaëdrischen und dodekaëdrischen Platten« im N. Jahrb. für Min. etc. 1880, S. 64 ff. und bildete diagonale Kreuzfiguren auf Tafel III ab.

Die von mir beschriebenen Würfel zeigen die Kreuzform aber bei gewöhnlichem Lichte dem unbewaffnetem Auge<sup>1)</sup>.

W. Knop bezog ähnliche Erscheinungen schon vor Jahren<sup>2)</sup> auf elektrische Axen und »erhielt eine Anzahl von Alaunkrystallen (mit Rhombendode-

1) Unter dem Mikroskop im Polarisationsapparate lassen ja Sphärite von Kalkoxalat, sogar von Stärke, mit Lamellarstruktur Kreuzerscheinungen wahrnehmen.

2) Erdm. u. March., Journ. 1848, 40, 90 und 41, 84; erw. im N. Jahrb. f. Min 1848, 240.

kaëder- und Würfelflächen), welche drei sich im Mittelpunkte des Krystalls schneidende geradlinige, etwa  $\frac{1}{4}$  Linie breite Strahlen zeigten, die die sechs Ecken der Fläche, auf welcher der zur sechsseitigen Tafel verkürzte Krystall ruhte, zu je zwei verbunden. Diese Strahlen unterbrechen die gleichfalls  $\frac{1}{4}$  Linie breiten Einlagerungen zwischen denselben, und letztere liefen mit den Seiten der sechseckigen aufliegenden Fläche parallel. Die Strahlen hatten genau eine solche Lage, dass, wenn man drei aus  $\frac{1}{4}$  Linie dicken Brettchen geschnittene Quadrate so zusammensetzen würde, dass sie die drei durch je vier Oktaëderkanten zu legenden Ebenen aufnahmen, ein Durchschnitt dieses Modells, parallel einer Fläche des Oktaëders und durch den Mittelpunkt des Krystalls, genau dieselbe Figur bilden müsste. Da diese Strahlen die übrige Massenablagerung durchsetzten, so muss sich beim Rhombendodekaëder des Alauns die Masse so ablagern, dass um den Mittelpunkt herum durch Ausbildung dreier rechtwinklig zu einander stehenden Wände zuerst hohle dreiseitige Ecken gebildet werden, die sich nachher ausfüllen.«

Da mir als Mann vom Leder krystallographische Feinheiten fern liegen, bin ich gern bereit, das vorhandene Material, soweit es reicht, an Herren abzugeben, die mehr Verständniss und Interesse dafür haben, als ich. Schliesslich bemerke ich noch, dass die jetzt nur noch 2 cm hoch über dem Sandsteinpulver stehende Lösung seit einigen Tagen strikt und keine isolirten Würfel mehr absetzen will.

## 2. L. Brugnatelli (in Pavia): Linarit von der Grube S. Giovanni (Sardinien).

Der in vorliegender Mittheilung beschriebene Linarit gehört der schönen Sammlung sardinischer Mineralien von Herrn G. D'Anna in Telve an.

Soviel mir bekannt ist, giebt es in der mineralogischen Literatur keine Angaben über Linarit von Sardinien und überhaupt von italienischen Fundorten; es wurde nur Caledonit in der Grube Malacalzetta, ebenfalls in Sardinien, von Prof. D. Lovisato<sup>1)</sup> beobachtet. Ich bin daher Herrn D'Anna sehr dankbar, dass er mir die Gelegenheit geboten hat, die erste Notiz über die Auffindung dieser schönen Mineralspecies in Italien zu geben.

Der Linarit von S. Giovanni findet sich in kleinen Drusen eines Gangstückes, welches zum grössten Theile aus Quarz, in groben Krystallen, feinkörnig oder auch in zierlichen wasserhellen Kryställchen der Combination  $\{2\bar{1}1\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{22\bar{1}\}$ , besteht und sind manchmal von zerfressenem Anglesit begleitet. In sehr kleiner Menge beobachtet man auch ein anderes Mineral, welches nicht näher untersucht werden konnte, welches aber nach seinem äusseren Aussehen als Caledonit bestimmt werden kann. Sehr reichlich findet sich auch neben Quarz verwitterter, etwas kupferhaltiger Galenit, aus dessen Verwitterung höchst wahrscheinlich der Linarit und Caledonit entstanden sind. Neben diesen zwei Mineralien beobachtet man als Verwitterungsproduct eine gelbe, erdige Substanz, welche, wenigstens zum grössten Theile, aus  $PbO$  besteht.

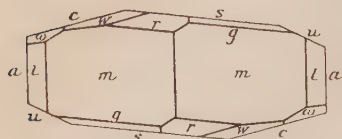
Die Linaritkrystalle der untersuchten Stufe sind alle nach der Symmetrieaxe gestreckt, in welcher Richtung ihre grösste Dimension 3 bis 4 Millimeter beträgt; sie sind immer dünn tafelförmig nach den Flächen von  $\{101\}$  ausgebildet. Meistens sind die Krystalle nicht flächenreich. In der Zone  $[010]$  treten fast immer folgende Formen auf:

<sup>1)</sup> Lovisato, Contributo alla Mineralogia Sarda. Rendiconti della R. Acc. dei Lincei. Seduta del 4. Aprile 1886. S. diese Zeitschr. **13**, 298.

$$a = \{100\}, c = \{001\}, s = \{\bar{1}01\}, u = \{\bar{2}01\}, x = \{\bar{3}02\}.$$

Als Endflächen beobachtet man gewöhnlich nur diejenigen des Prisma  $\{110\}$ , zu welchen sich in sehr wenigen Krystallen diejenigen von  $\{011\}$  gesellen.

Ein einziger Krystall erwies sich flächenreicher, indem er folgende ziemlich complicirte Combination darbietet:



$$\begin{aligned} a &= \{100\}, c = \{001\}, s = \{\bar{1}01\}, u = \{\bar{2}01\}, \\ y &= \{101\}, m = \{110\}, l = \{210\}, \\ r &= \{011\}, w = \{012\}, g = \{\bar{2}11\}, \omega = \{718\}, \end{aligned}$$

von welcher die beistehende Figur ein Bild giebt ( $\{101\}$  wurde weggelassen).

$\{718\}$  wäre für Linarit neu. Sie tritt mit der einzigen Fläche (718) auf, welche gut entwickelt ist und am Goniometer gute Messungen auszuführen erlaubt. Ihre Zugehörigkeit zur Zone  $[111]$  wurde genau festgestellt. Die Uebereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Winkelwerthen lässt jedoch viel zu wünschen übrig; um eine befriedigende Uebereinstimmung zu erhalten, müsste man ein complicirtes Symbol wie z. B.  $\{64.9.73\}$  annehmen. Deswegen glaube ich das Symbol  $\{718\}$  als zweifelhaft angeben zu dürfen.

Für  $\{101\}$  konnte keine Messung ausgeführt werden, da ihre Flächen zu wenig entwickelt sind. Sie wird erst am Goniometer bei der Untersuchung der Zonen  $[010]$  und  $[111]$  als ein sehr feiner Streifen wahrgenommen.

Folgende Tabelle giebt die beobachteten und die mittelst der Constanten von Kokscharow<sup>1)</sup> berechneten Werthe.

Gemessene Kanten:	Grenzen der Beobachtungen:	Beobachtete Werthe:	Berechnete Werthe:	n
$(100):(001)$	$= 77^{\circ} 48' - 77^{\circ} 25'$	$77^{\circ} 22'$	$77^{\circ} 22' 40''$	6
$(001):(\bar{1}01)$	$27 \ 44 - 27 \ 53$	$27 \ 49$	$27 \ 49$	4
$(001):(\bar{2}01)$	—	$50 \ 7$	$50 \ 6$	4
$(\bar{1}00):(\bar{2}01)$	$52 \ 34 - 52 \ 35$	$52 \ 34\frac{1}{2}$	$52 \ 34$	2
$(100):(\bar{1}01)$	$74 \ 45 - 74 \ 51$	$74 \ 49$	$74 \ 49$	4
$(\bar{1}00):(\bar{3}02)$	$62 \ 29 - 62 \ 32$	$62 \ 30$	$62 \ 34$	4
$(\bar{1}01):(\bar{3}02)$	$42 \ 44 - 42 \ 27$	$42 \ 20$	$42 \ 45$	3
$(\bar{2}01):(\bar{3}02)$	$9 \ 50 - 9 \ 52$	$9 \ 54$	$40 \ 3$	2
$(001):(\bar{0}12)$	—	$22 \ 3$	$22 \ 2$	4
$(001):(\bar{0}11)$	—	$39 \ 2$	$39 \ 0$	4
$(011):(\bar{0}12)$	—	$46 \ 59$	$46 \ 58$	4
$(100):(\bar{1}10)$	$58 \ 59 - 59 \ 48$	$59 \ 7$	$59 \ 9$	8
$(001):(\bar{1}10)$	$83 \ 30 - 83 \ 34$	$83 \ 32$	$83 \ 34$	5
$(00\bar{1}):(\bar{2}10)$	—	$80 \ 44$	$80 \ 21$	4
$(110):(\bar{0}11)$	—	$54 \ 41$	$54 \ 9$	4
$(\bar{1}10):(\bar{0}11)$	—	$63 \ 8$	$63 \ 3$	4
$(\bar{1}10):(\bar{0}12)$	—	$77 \ 24$	$77 \ 23$	4
$(100):(\bar{0}11)$	—	$79 \ 58$	$80 \ 43$	4
$(011):(\bar{1}01)$	—	$45 \ 47$	$46 \ 34$	4
$(\bar{1}10):(\bar{1}01)$	$82 \ 48 - 82 \ 26$	$82 \ 24$	$82 \ 47$	4
$(\bar{1}10):(\bar{3}02)$	$76 \ 22 - 76 \ 29$	$76 \ 25$	$76 \ 20$	4
$(100):(\bar{2}11)$	—	$59 \ 39$	$59 \ 27$	4

1) Materialien zur Mineralogie Russlands 5, 215 und 292.

Gemessene Kanten:	Grenzen der Beobachtungen:	Beobachtete Werthe:	Berechnete Werthe:	n
(011):(211)	—	40° 7'	40° 20'	1
(210):(211)	—	41 49	42 2	1
(110):(211)	—	42 35	42 53	1
(100):(718)	—	57 18	56 49	1
(001):(718)	—	20 38	21 15	1
(110):(718)	—	69 34	69 13	1
(011):(718)	—	38 38	38 51	1
(012):(718)	—	25 56	26 20	1

Optische Eigenschaften. Optische Untersuchungen an Linaritkrystallen sind bis jetzt noch nicht ausgeführt worden; wenigstens in der Literatur habe ich keine Angaben darüber finden können. Meine Krystalle erlaubten mir folgende Bestimmungen auszuführen.

Die optische Axenebene steht normal zur Symmetrieebene; die erste Mittellinie liegt in dieser Ebene. Sie ist sehr wenig geneigt gegen die Normale zu den Flächen von  $\{101\}$  und liegt in dem Winkel zwischen dieser Normale und der Axe z.

Der scheinbare Winkel, welchen die erste Mittellinie für Na-Licht mit jener Normale bildet, wurde am Mikroskope mittelst des Czapski'schen Oculars mit Klein'scher Lupe, sowie mittelst des Schraubenmikrometeroculars gemessen; aus zahlreichen Messungen geht hervor, dass dieser Winkel nicht höher als 7° ist. Der wahre Winkel also, nach den unten angeführten Daten, muss ungefähr 4° betragen. Die erste Mittellinie bildet daher im spitzen Axenwinkel  $\beta$  mit der z-Axe einen Winkel von ungefähr 24°. Da der Winkel von 4° gegen die Normale zur Fläche von  $\{101\}$ , nach welcher, wie gesagt, meine Krystalle dünn tafelförmig sind, verhältnissmässig sehr klein ist, so habe ich weitere Untersuchungen ausgeführt, indem ich die  $\{101\}$ -Flächen als parallel zu einem optischen Hauptschnitte für Na-Licht betrachtet habe. Natürlich müssen die unten angegebenen Werthe nur als approximativ angenommen werden, und haben nur die Bedeutung, dass sie eine Idee der Doppelbrechungsverhältnisse des Linarit geben können.

Die Doppelbrechung ist negativ. An einem Krystalle mit Benutzung der Flächen  $(101)$  und  $(30\bar{2})$ , welche gut entwickelt sind und welche nach Messung einen Winkel von 42° 20' einschliessen, und mit normaler Incidenz auf  $(101)$ , wurde für Na-Licht der Hauptbrechungsquotient  $\gamma$  und der approximative Werth von  $\beta$  bestimmt. Aus diesen zwei Werthen und aus  $V_a$  wurde dann auch der approximative Werth von  $\alpha$  berechnet. Daraus ergibt sich:

$$\alpha = 1,8090 \quad \beta = 1,8380 \quad \gamma = 1,8593^1).$$

Die Dispersion der optischen Axen ist gross,  $\beta < \nu$ . In Oel mit weissem Lichte wurde für Roth resp. Blau:  $2H_a = 106^\circ 21'2''$  und  $110^\circ 12'$  gemessen. Für Na-Licht wurde gefunden:

$$2H_a = 106^\circ 42'.$$

1) Die Kleinheit der Krystalle hätte das Schleifen einer orientirten Fläche nicht erlaubt. Auch habe ich es nicht für vortheilhaft und lohnend gehalten, die Methode von Stokes anzuwenden.

2) Dieser Werth bezieht sich auf eine Farbe, welche sehr nahe am Gelb liegen muss, da die rothen Strahlen fast vollständig absorhirt werden.



Da der Brechungsexponent des Oels gleich 1,47244 ( $t = \text{circa } 16^0$ ) war, so ergibt sich

$$2V_{a(Na)} = 79^0 59'.$$

Der Pleochroismus auf  $\{101\}$  ist sehr schwach. Nur bei sehr aufmerksamer Beobachtung mit der dichroskopischen Lupe bemerkt man, dass die der Symmetrieaxe  $c$  parallele Schwingung stärker absorbiert wird. In der That beobachtet man bei der Bestimmung der Brechungsexponenten, dass besonders an dem Spectrum, welches mit weissem Lichte für jene Schwingung erhalten wird, die rothen Strahlen fast gänzlich absorbiert werden.

**3. L. J. Igelström** ( $\dagger$  in Sunnemo, Schweden): **Gersbyit und Munkrudit, zwei neue Mineralien vom Kirchspiel Ransäter, Gouvernement Wermland, Schweden.**

Seit der Beschreibung der beiden neuen Mineralien Munkforsit, Bliabergit und Ransätit in dieser Zeitschrift 27, 604, sind die obengenannten entdeckt worden, nämlich bei Dicksberg in demselben Kirchspiel, wo sie zusammen mit dem Munkforsit in der daselbst befindlichen Damourit-Quarzit-Schicht, welche selbst in dem gewöhnlichen schwedischen Gneiss liegt, vorkommen. Die Schicht, in welcher der Munkforsit auftritt, ist ausgezeichnet durch das Vorkommen einer ziemlich grossen Menge von Schwefelkies, der in der Mehrzahl der Damourit-Quarzit-Schichten des Kirchspiels Ransäter nicht gewöhnlich ist. In der Schicht bei Dicksberg sind bisher aufgefunden worden: Munkforsit, Titan-eisen, Dicksbergit (eine Rutilvarietät nach Weibull und Upmark) und Cyanit; hierzu kommen nun der Gersbyit und der Munkrudit.

1. Gersbyit. Der Name dieses Minerals ist von dem Dicksberg nahe gelegenen Dorfe »Gersby« hergeleitet.

Der Gersbyit ist ein sehr schönes blaues Mineral, ausserordentlich ähnlich dem Lazulith, so dass ich es zuerst für solchen hielt. Bei genauer Betrachtung zeigte es sich jedoch etwas verschieden vom Lazulith im Ansehen: so hat die Farbe einen Stich ins Grüne, ja zuweilen ist das Mineral beinahe rein grün. Es ist durchsichtig mit schön blauer Farbe, die jedoch einen Stich in Grün hat; zuweilen ist die Farbe so tief, dass das Mineral beinahe undurchsichtig schwarz wird. Der Gersbyit ist bisher, wiewohl er ziemlich allgemein in der Damourit-Quarzit-Schicht bei Dicksberg zerstreut ist, nur spärlich gefunden worden in kleinen unregelmässig gestalteten Körnchen von Millimeterbreite, Adern und Flächen, zuweilen in kleinen Krystallen, wie es mir scheint, zum rhombischen oder hexagonalen System gehörig, mit rhombischem und rectangulärem Querschnitt. Der Bruch ist ein quarzähnlicher, ohne deutliche Spaltbarkeit. Das Pulver des Gersbyit ist blass- bis tiefblau.

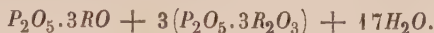
Die Gersbyitkörnchen und Kryställchen sitzen theils im reinen Cyanit, zum Theil auch in beinahe reinem Quarzit, zum Theil, wiewohl selten, in einem Gemenge von Munkforsit, Schwefelkies und Damourit. In dieser Weise ist das Mineral in der ganzen Schicht verbreitet.

Gersbyit verhält sich vor dem Löthrohre wie Lazulith.

Ich habe fünf Analysen des Gersbyit gemacht, und dabei gefunden:

	I. von 0,5 g	II. 0,69	III. 0,50	IV. 0,30	V. 0,38
	blassblau:	blassblau:	blassblau:	blassblau:	tiefblau:
$P_2O_5$	31,33	32,22	32,26	—	29,60
$Al_2O_3$	46,66	47,00	46,68	—	45,00
$FeO, MnO$	15,33	9,43	6,66	$CaO, FeO, MnO,$	7,60
$CaO, MgO$		2,40	5,33	$MgO$	—
$H_2O$	7,50	7,19	9,07	8,25	15,40
	100,82	99,24	100,00		100,00 <sup>1)</sup>

Nach diesen Analysen stelle ich die folgende chemische Formel für den Gersbyit auf:



Dieser Formel entspricht die Zusammensetzung:

4 Mol. $P_2O_5$	28,60
9 - $Al_2O_3$	46,42
3 - $RO$	10,76
17 - $H_2O$	14,52
	100,00



Man wird hieraus sehen, dass der Gersbyit ein Mineral ist, welches dem Lazulith und dem Amphithalit am nächsten steht; es ist basischer und enthält mehr Wasser, als der erstere.

Man hat sonach in Schweden drei Fundorte, an denen seltene Phosphate vorkommen, — alle drei mit übereinstimmenden mineralogischen und geologischen Verhältnissen — nämlich Ransäter, Horrsjöberg, etwa 60 Kilometer nördlich davon, und Westanå in Skåne im südlichen Theile Schwedens. Bei Horrsjöberg findet sich viel Lazulith, in Skåne eine Reihe von Phosphaten, nämlich: Berlinit, Trolleït, Angelith, Lazulith, Attakolith, Cirrolith; hierzu kommt nun der Gersbyit.

Bei Horrsjöberg hat man, ausser dem Lazulith, noch ein seltenes Phosphat, nämlich den früher von mir beschriebenen Amphithalit gefunden.

2. Munkrudit, dessen Name von dem unweit Dicksberg liegenden Dorfe Munkrud hergeleitet ist, wurde zuletzt in dem beinahe erzfreien Gestein entdeckt. Es ist ein ganz weisses, durchsichtiges Mineral, in Drusenräumen der Gebirgsart selbst sitzend, jedoch nahe der erzführenden Schicht, welche Schwefelkies, Titaneisen etc. enthält. Es kleidet die Wände der Drusenräume, die von ein bis mehreren Centimeter Grösse sind, aus; auch findet es sich mitten im Gestein in feinen Adern und als dünnes Häutchen auf Kluftflächen der derben Gesteinsmasse<sup>2)</sup>. Die letztere führt spärlich Schwefelkieskörnchen, und solche finden sich auch in den Drusenräumen selbst, gleichwie in den erwähnten Adern, so dass es schwer hält, sich das weisse Mineral für eine chemische Analyse rein zu verschaffen.

1) Die Analyse V ist berechnet mit Rücksicht auf den Gehalt an  $FeO$  und  $MnO$ , welcher bei den Analysen II und III gefunden wurde.

2) Schliesslich überkleidet es die Kluftflächen der Gesteine, welche die Drusen enthalten, in Form weisser oder gelber Häutchen. Dieses beweist, dass der Munkrudit ein Mineral ist, welches auf nassem Wege gebildet ist.

Der Munkrudit ist blättrig und krystallisirt, aber ich habe noch nicht die Krystalle so gut ausgebildet gefunden, dass es möglich wäre, dessen Formen genau zu bestimmen. Frisch ist derselbe wasserhell, klar durchsichtig, läuft aber schwach gelb auf seiner Oberfläche an beim Liegen an der Luft. Dieses Anlaufen kommt von dem grossen Gehalt an  $FeO$  her, unter gleichzeitiger Gegenwart von Schwefelsäure. Vor dem Löthrohre, mit der Oxydationsflamme erhitzt, wird er rostroth, in Folge jenes Eisenoxydulgehaltes. Wird nicht blau, wenn er vor dem Löthrohre mit Kobaltsolution erhitzt wird. Löst sich nicht in Säuren vollkommen auf, wird nur partiell davon zersetzt; mit kohlsaurem Natron geglüht wird er dagegen vollkommen zerlegt.

Nach meinen qualitativen Analysen ist der Munkrudit ein Mineral, das aus Phosphorsäure, Schwefelsäure, Eisenoxydul und Kalkerde besteht mit nur sehr wenig Thonerde. Er ist wasserfrei.

Der Munkrudit ist sonach zu den Svanbergit-artigen Mineralien zu rechnen, zu denen der echte Svanbergit von Horrsjöberg in Wermland und von Westana in Skåne (Schweden) und der Munkforsit in Ransäter, Wermland, gehören.

Es ist zu bedauern, dass ich noch keine genaue quantitative chemische Analyse des Munkrudit habe ausführen können wegen der Unreinheit des Materials (Beimengung von Schwefelkies, Quarz und Damourit). Dessen Gehalt an  $P_2O_5$  scheint jedoch etwa  $12\frac{0}{10}$  zu sein, der an Kalkerde sehr gross und an Schwefelsäure auch sehr gross. Er ist somit in chemischer Hinsicht verschieden vom Munkforsit durch einen grösseren Gehalt an Kalkerde, einen Gehalt an Eisenoxydul und, wie es mir scheint, durch einen grösseren Gehalt an Schwefelsäure. Im äusseren Aussehen ist er sehr verschieden vom Munkforsit. Er hat keine mikroskopischen Interpositionen, wie oft der Munkforsit; zuweilen, wenn auch selten, sieht man, dass in den Munkrudit kleine Körnchen von Gersbyit eingesprengt sind.

**4. H. Bäckström** (in Stockholm): **Krystallform des Iridiumtetramintrichlorid.** — In seiner Inaugural-Dissertation »Om iridiums ammoniakaliska föreningar« (Upsala 1895) fasst V. Palmaer die Resultate seiner Untersuchungen über die ammoniakalischen Verbindungen des Iridiums zusammen und giebt dabei, neben den in dieser Zeitschr. **20**, 402—404 referirten, von Brögger und Morton ausgeführten krystallographischen Bestimmungen, auch einige früher nicht publicirte, theils von ihm selbst, theils von C. Morton ausgeführt. Ueber die erstgenannten habe ich für das nächste Heft dieser Zeitschrift berichtet; die von Morton ausgeführte krystallographische Untersuchung des Iridiumtetramintrichlorid schien mir aber einer Revision bedürftig, und ich habe deshalb die Untersuchung mit von Dr. Palmaer mir gütigst zur Verfügung gestelltem Materiale wiederholt.

Das Iridiumtetramintrichlorid  $Ir(NH_3)_4Cl_3 + H_2O$  krystallisirt nach Morton monoklin mit dem Axenverhältnisse  $a:b:c = 0,72078:1:0,65354$ ;  $\beta = 53^\circ 13'$ . Die von ihm angegebenen Flächen sind:  $\{010\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{1\bar{1}\bar{1}\}$  und  $\{10\bar{1}\}$ . Die Krystalle sind prismatisch nach der Verticalaxe und tafelförmig nach  $\{010\}$ . — In der Winkeltabelle fällt auf, dass sowohl der Winkel  $(110):(1\bar{1}0)$ , als der Winkel  $(110):(010)$  nahe  $60^\circ$  sind, und beide zu  $60^\circ 0'$  angenommen werden. Als Grundlagen der Berechnung dienen ferner die Winkel  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = 62^\circ 28'$  und  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(001) = 62^\circ 28'$ . Der Winkel  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(010)$  wird zu  $58^\circ 46'$  berechnet, dagegen  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1}):(\bar{1}\bar{1}0)$  und  $(001):(110)$  beide zu  $58^\circ 26'$ ; es beruht dieser Unterschied jedoch nur auf Rechnungsfehlern.

Man darf wohl annehmen, dass der Verf. die Uebereinstimmung dieser

Winkelwerthe mit den Forderungen einer trigonalen oder hexagonalen Symmetrie bemerkt haben muss — obwohl es mit keinem Worte hervorgehoben wird — und dass daher die Zugehörigkeit zu dem monoklinen Krystallsysteme durch optische Untersuchung entschieden worden ist. Die Auslöschung auf  $\{010\}$  geht der Verticalaxe parallel, aber: »eine optische Axe scheint auf  $\{010\}$  senkrecht auszutreten«. Hier liegt offenbar die für die Wahl des Krystallsystems entscheidende Beobachtung. Wenn aber wirklich auf  $\{010\}$  eine optische Axe senkrecht austräte, so müssten die Krystalle triklin, statt monoklin sein; nehmen wir deshalb an, dass eine Bisectrix gemeint ist. Nach meinen Beobachtungen liegt aber hier eine Verwechslung vor. Das Interferenzbild im convergenten polarisirten Lichte ist nämlich dasjenige der optisch einaxigen Krystalle in Schnitten parallel der Axe. Es hat dies bekanntlich eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Interferenzbilde einer senkrecht gegen die stumpfe Bisectrix geschnittenen Platte eines zwei-axigen Krystalles.

Nach meinen Messungen ist das Iridiumtetraminrichlorid rhomboëdrisch mit dem Axenverhältnisse  $a : c = 1 : 0,64497$ .

Beobachtete Formen:  $\{11\bar{2}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{01\bar{1}2\}$ . — Es entsprechen von diesen Flächen  $\{11\bar{2}0\}$  Morton's  $\{110\}$  und  $\{010\}$ ;  $\{10\bar{1}1\}$   $\{\bar{1}11\}$  und  $\{001\}$ ; von  $\{01\bar{1}2\}$  ist eine Fläche als  $\{\bar{1}01\}$  angenommen, die anderen nicht beobachtet.

	Gemessen:	Berechnet:
$(10\bar{1}1) : (2\bar{1}\bar{1}0) =$	$*58^{\circ}54'$	—
$: (\bar{1}101)$	62 42	$62^{\circ}48'$
$: (01\bar{1}2)$	31 48	31 9
$: (\bar{1}012)$	57 0	57 6 4"
$(1\bar{1}02) : (01\bar{1}2)$	35 37	35 40 52
$: (2\bar{1}\bar{1}0)$	72 25	72 24 34

Mehrere Krystalle wurden durchgemessen und immer völlige Uebereinstimmung mit der trigonalen Symmetrie gefunden. Die Krystalle sind prismatisch nach der Verticalaxe; an den Enden treten die beiden Rhomboëder auf, bald das eine, bald das andere vorherrschend.

Die Brechungsexponenten wurden in einem von den natürlichen Flächen  $(2\bar{1}\bar{1}0)$  und  $(\bar{1}2\bar{1}0)$  gebildeten Prisma gemessen. (Mit den von  $(11\bar{2}0)$  und  $(\bar{2}110)$  beziehungsweise  $(\bar{1}2\bar{1}0)$  und  $(\bar{1}\bar{1}20)$  gebildeten brechenden Kanten wurden übereinstimmende, aber weniger genaue Werthe erhalten.) Es wurden für Natriumlicht gefunden:

$$\varepsilon = 1,6666$$

$$\omega = 1,6576$$

Die Doppelbrechung ist demnach positiv und  $\varepsilon - \omega = 0,00904$ .



## XIX. Auszüge.

**1. J. G. Spenzer** (in Cleveland, O.):  $\beta$ -Bromvaleriansäure (Amer. Journ. Sc. 1895, **49**, 110). Krystalle aus Petroleumäther. Schmelzpunkt  $59^0$ — $60^0$ . Krystallsystem: Monoklin.

$$a:b:c = 1,4688:1:0,4900; \quad \beta = 79^0 58' 45''.$$

Beobachtete Formen:  $\{110\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ ,  $\{101\}$ . Habitus prismatisch nach  $c$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(011):(\bar{0}\bar{1}1) =$	$*51^0 31'$	—
$(100):(110)$	$*55 \quad 21 \quad 30''$	—
$(011):(\bar{1}00)$	$*99 \quad 1$	—
$(110):(\bar{1}\bar{1}0)$	110 43	$110^0 41'$
$(110):(010)$	34 47	$34 \quad 39 \quad 30''$
$(011):(010)$	64 6	$64 \quad 14 \quad 30$
$(100):(\bar{1}01)$	99 2	$99 \quad 12$
$(011):(\bar{1}\bar{1}0)$	74 2	$74 \quad 26$
$(100):(101)$	61 59	$62 \quad 44$
$(101):(\bar{1}01)$	36 33	$36 \quad 29$
$(011):(110)$	63 33	$63 \quad 28$
$(011):(\bar{1}01)$	31 8	$31 \quad 45$

Spaltbarkeit nicht beobachtet. Ebene der optischen Axen normalsymmetrisch, nur wenig gegen  $\{100\}$  geneigt. Horizontale Dispersion.

Ref.: A. Osann.

**2. H. W. Turner** (in Washington, D. C.): Weitere Notizen über die Gold-erze von Californien (Ebenda 374 und 478). Vergl. diese Zeitschr. **26**, 519.

1. Gold in Baryt vom Big Bend Mt., Butte Co. Der 2—3 Fuss mächtige Pinkstown-Gang besteht aus körnigem Baryt mit etwas Brauneisen. Der Goldgehalt ist nur gering. Der Gang setzt in Thonschiefern auf, die wahrscheinlich paläozoisch sind und Grünsteinlager und Tuffe enthalten.

2. Gold im Talkschiefer. An zahlreichen Arten in Butte, Plumas und Mariposa Co. tritt Gold zum Theil mit Quarz, zum Theil mit Talk, Dolomit, Pyrit und Titaneisen in Gängen im Talkschiefer auf. Aus letzterem treten die Gänge auch in kleinere Serpentinmassen über, während die grösseren Serpentinstöcke frei von ihnen sind. Sowohl Talkschiefer als Serpentin sind aus Eruptivgesteinen entstanden.

3. Goldführende Quarzgänge im Tertiär. In der Sierra Nevada ist Gold in tertiären Gesteinen selten, es ist darum an das Auftreten junger Eruptivgesteine gebunden, so in Plumas Co. an Liparit, in Alpine Co. an Andesittuffe.

4. Proben von Erzen aus dem Tioga-Minendistrict ergaben einen Gehalt an Gold und Silber, der bis 54 Unzen Gold und 32 Unzen Silber auf die Tonne steigt. Die vorwaltenden Erze sind Zinkblende, Eisenkies, Kupferkies und Arsenkies.

5. Mariposit von der Josephine-Mine bei Bear Valley. Glimmerartig, farblos bis schwach grün gefärbt von theilweise talkartigem Aussehen. Pleochroismus nicht merklich, Doppelbrechung stark. Das Mineral bildet Fasern und kleine, unregelmässig begrenzte Blättchen. Die Fasern löschen anscheinend parallel aus.

Analysen von Hillebrand ergaben: I. Mariposit, grün, II. weiss.

	I.	II.
$SiO_2$	55,35	55,79
$TiO_2$	0,18	} 25,29
$Al_2O_3$	25,62	
$Cr_2O_3$	0,18	—
$Fe_2O_3$	0,63	} 1,59
$FeO$	0,92	
$CaO$	0,07	0,07
$MgO$	3,25	3,29
$K_2O$	9,29	8,92
$(LiNa)_2O$	0,12	0,17 (enthält etwas $K_2O$ )
$H_2O$ über 300°	4,52	4,72
	100,13	100,84

Spec. Gew. des grünen Minerals 2,817 (bei 29,5°), des weissen 2,787 (bei 28,5°). Die grüne Farbe rührt wahrscheinlich von dem Chromgehalte her. Von  $HCl$  nicht angreifbar. Nach der Analyse ist der Mariposit von Talk ganz verschieden; eine bestimmte Formel lässt sich nicht angeben.

Ref.: A. Osann.

3. J. H. Pratt (in New Haven): Doppelhaloide von Cäsium, Rubidium, Natrium und Lithium mit Thallium (Amer. Journ. Sc. 1895, 49, 397).

$Cs_2TlCl_5 \cdot H_2O$ . Rhombisch.

$$a : b : c = 0,6762 : 1 : 0,6954.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{102\}$ . Habitus prismatisch.

	Gemessen:	Berechnet:
$(011) : (0\bar{1}1) =$	$*70^0 0'$	—
$(110) : (1\bar{1}0) =$	$*68 22$	—
$(110) : (100)$	$34 3 30''$	$34^0 11'$
$(100) : (102)$	$62 51$	$62 44$
$(110) : (011)$	$71 14 - 16'$	$71 12$
$(011) : (102)$	$43 9$	$43 16$
$(102) : (1\bar{1}0)$	$54 6$	$54 32$

$Rb_2TlCl_5 \cdot H_2O$ . Rhombisch, dem  $Cs$ -Salz im Habitus ganz ähnlich.

$$a : b : c = 0,6792 : 1 : 0,7002.$$

	Gemessen:	Berechnet:
$(011) : (0\bar{1}1) =$	$*69^0 36'$	—
$(110) : (1\bar{1}0)$	$*68 7 30''$	—

	Gemessen:	Berechnet:
$(110):(100) =$	$34^0 4' - 9'$	$34^0 4'$
$(100):(102)$	$52 62 30''$	$62 49$
$(110):(011)$	$74 23 - 26'$	$74 24$
$(011):(102)$	$43 19$	$43 4 30''$
$(102):(\bar{1}02)$	$54 15$	$54 22$

$\text{Cs}_3\text{Ti}_2\text{Cl}_9$ . Krystallform: Hexagonal.

$$a : c = 1 : 0,82566.$$

Beobachtete Formen:  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$ . Habitus prismatisch.

	Gemessen:	Berechnet:
$(10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$	$*40^0 21'$	—
$(10\bar{1}0):(10\bar{1}1)$	$46 24 30'' - 22'$	$46^0 22'$

Doppelbrechung schwach, negativ. Brechungsexponenten:

	für Li:	Na:	Tl:
$\omega$	1,772	1,784	1,792
$\varepsilon$	1,762	1,774	1,786

$\text{Rb}_3\text{TiBr}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Krystallform: Quadratisch.

$$a : c = 1 : 0,80728.$$

Beobachtete Formen:  $\{100\}$ ,  $\{004\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{111\}$ . Habitus prismatisch.

	Gemessen:	Berechnet:
$(101):(\bar{1}04) =$	$*77^0 49' 30''$	—
$(100):(101)$	$51 2 - 6'$	$51^0 5' 30''$
$(100):(111)$	$57 52 - 54$	$57 52$
$(101):(111)$	$32 5 - 12$	$32 8$
$(001):(111)$	$48 51 - 55$	$48 46$
$(110):(111)$	$44 4 - 7$	$44 13$

Doppelbrechung schwach, negativ.

$\text{CsTiBr}_4$  und  $\text{RbTiBr}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  sind regulär, Krystallform  $\{100\}$ .

$\text{CsTiJ}_4$  und  $\text{RbJ}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Regulär, Krystallform  $\{100\}$ ,  $\{111\}$ .

Ref.: A. Osann.

**4. E. Kidwell** (in Houghton, Mich.): Ueber eine Steinbrechmaschine (Amer. Journ. Sc. 1895, 49, 447).

Der Verf. beschreibt eine Steinbrechmaschine, welche sich im Laboratorium der geologischen Landesanstalt von Michigan als sehr brauchbar erwiesen hat. Die Maschine kann von Merrill Bros, 465 Kent ave Brooklyn, N. Y., bezogen werden.

Ref.: A. Osann.

**5. Wm. H. Hobbs** (in Madison, Wisc.): Krystallform des Borneol und Isoborneol (Ebenda 449. Vergl. diese Zeitschr. 26, 626).

Borneol aus *Picea nigra* und *Abies balsamica* erhalten, bildet farblose, sechsseitige Blättchen. Die schmalen randlichen Flächen sowie kleine trisymmetrische Vertiefungen auf  $\{0004\}$  ergeben rhomboëdrische Symmetrie, während Traube an Kryställchen, die durch Reduction von Campher erhalten waren,

nur eine scheinbar hexagonale Pyramide beobachtete und dieselben für holoëdrisch hielt.

Krystallsystem: Rhomboëdrisch.

$$a : c = 1 : 0,93.$$

Beobachtete Formen:  $\{0001\}$ ,  $\{30\bar{3}1\}$ ,  $\{80\bar{8}\bar{1}\}$ ,  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{20\bar{2}3\}$ ,  $\{40\bar{4}1\}$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(0001):(30\bar{3}1) =$	$*72^0 46' (71^0 25' - 74^0 6')$	—
$(000\bar{1}):(80\bar{8}\bar{1})$	82 42 (81 43 — 83 47)	83 <sup>0</sup> 22'
$(0001):(40\bar{4}1)$	77 44 (76 47 — 77 35)	76 54
$(0001):(20\bar{2}3)$	34 38	35 37

Traube beobachtete nur die Form  $3R$  scheinbar holoëdrisch; er erhielt aus ihr als Grundform  $a : c = 1 : 2,83$ , während die Winkel des Verfs. bei dieser Annahme  $1 : 2,79$  ergeben. — Flächen stark gerundet, daher die Differenzen der Messungen. Spaltbarkeit sehr vollkommen nach  $\{0001\}$  und  $\{80\bar{8}\bar{1}\}$ . Sehr biegsam. Doppelbrechung schwach, optisch negativ (übereinstimmend mit den Angaben von Traube).

Isoborneol aus Terpentin dargestellt. Wie Borneol rhomboëdrisch. Die Winkel stimmen so nahe mit denen des Borneol, dass dessen Axenverhältniss angenommen wurde.

Beobachtete Formen:  $\{0001\}$ ,  $\{30\bar{3}1\}$ ,  $\{80\bar{8}\bar{1}\}$ ,  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{40\bar{4}1\}$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(0001):(30\bar{3}1) =$	$72^0 38' (71^0 52' - 73^0 24')$	$72^0 46'$
$(000\bar{1}):(80\bar{8}\bar{1})$	84 44 (84 23 — 84 58)	83 22
$(000\bar{1}):(40\bar{4}1)$	75 10	76 54

Ein anderer Typus von Krystallen ist stark verzerrt und zeigt die Formen:  $\{0001\}$ ,  $\{50\bar{5}3\}$ ,  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{20\bar{2}3\}$ ,  $\{50\bar{5}1\}$  und  $\{40\bar{4}1\}$ . An einem Krystalle wurden ferner  $\{10\bar{1}6\}$  und  $\{10\bar{1}1\}$  oder  $\{12.0.\bar{1}2.11\}$ ? beobachtet.

	Gemessen:	Berechnet:
$(0001):(50\bar{5}3) =$	$64^0 25' (60^0 47' - 62^0 31')$	$60^0 49'$
$(0001):(10\bar{1}6)$	10 36 (30' — 43')	10 9
$(0001):(50\bar{5}1)$	79 34	79 27
$(0001):(20\bar{2}3)$	36 54	35 37
$(0001):(10\bar{1}1)$	} 49 <sup>0</sup> 34'	47 3 (für $\{10\bar{1}1\}$ )
$:(12.0.\bar{1}2.11)?$		49 32 (für $\{12.0.\bar{1}2.11\}$ )

Farbe und Spaltbarkeit wie bei Borneol. Doppelbrechung dagegen bedeutend stärker, optisch negativ (Traube fand Isoborneol positiv).

(Leider sind keine Schmelzpunkte angegeben, so dass dieses »Isoborneol« nicht mit dem Traube's identifiziert werden kann. Traube hatte für Isoborneol  $a : c = 1 : 1,44$ . Aus  $\{50\bar{5}3\}$  als Grundform berechnet sich  $1 : 1,589$ .)

Ref.: A. Osann.

## 6. L. Mc J. Luquer und G. J. Volckening (beide in New York): Sodalithanalysen von drei neuen Vorkommen (Ebenda 465).

1. Sodalith von Hastings Co., Ontario, Canada (vergl. diese Zeitschr. 26, 520). Kobaltblau, deutlich spaltbar, glasglänzend. H. 5—6, spec. Gew. 2,303. Analyse I.



2. Sodalith aus dem Ural (Miask?). Führt mikroskopische Einschlüsse von etwas Hornblende und Eläolith, spec. Gew. 2,328. Analyse II.

3. Sodalith vom Congo-Staat. Das Mineral wird begleitet von zersetztem Feldspath und Brauneisen. Unter dem Mikroskop nicht mehr ganz frisch, spec. Gew. 2,363., Analyse III.

	I.	II.	III.
<i>Cl</i>	6,79	6,65	6,46
<i>SiO<sub>2</sub></i>	37,34	37,28	37,85
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	34,25	34,60	30,87
<i>CaO</i>	0,38	0,46	0,51
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	25,04	24,74	25,43
<i>K<sub>2</sub>O</i>	0,74	0,93	0,22
	<hr/> 104,54	<hr/> 104,66	<hr/> 104,34
— <i>O</i> für <i>Cl</i>	1,53	1,50	1,46
	<hr/> 99,98	<hr/> 100,16	<hr/> 99,88

Ref.: A. Osann.

7. W. Niven (in New York): Ueber einen neuen Fundort von Xenotim, Monazit etc. auf Manhattan Island (Americ. Journ. Sc. 1895, 50, 75).

Die Xenotimkrystalle, welche Hidden von New York City beschrieb (diese Zeitschr. 16, 443), wurden zwischen losen Gneiss- und Glimmerschieferblöcken, jedoch nicht anstehend, gefunden.

Der Verf. fand neuerdings am Harlem River Xenotim und Monazit mit Titan-eisen in Oligoklas eingewachsen nahe einem Pegmatitgange anstehend. Titanit und Epidot wurden in anstehendem Chloritschiefer gefunden.

Die Messungen von A. C. Gill am Xenotim stimmen mit den früheren von Washington nahezu ganz überein. Neben den früher beobachteten Formen {111}, {110} und {311} wurde noch {101} gefunden. Die Monazitkrystalle sind zum Theil vollständig wie die von Watertown ausgebildet (Dana, System of Min. p. 750, Fig. 2). Der Titanit gleicht in Farbe und Form dem von Tirol.

Ref.: A. Osann.

8. F. W. Clarke (in Washington): Ueber einen Granat von Californien (Ebenda 76). — Das grüne Mineral, welches zuerst für Nephrit gehalten wurde, fand sich als Gerölle bei Eltoro südlich Los Angeles, Ca. Eine Analyse von G. Steiger ergab:

<i>SiO<sub>2</sub></i>	37,54
<i>TiO<sub>2</sub></i>	Spur
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	22,84
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	0,79
<i>FeO</i>	0,26
<i>CaO</i>	36,66
<i>MgO</i>	0,44
Alkalien	0,43
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	Spur
Glühverlust	1,74

---

100,40

Spec. Gew. 3,485. Nach dem Eindampfen des Minerals mit *HCl* werden 46 % *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>* und 20 % *CaO* löslich.

Ref.: A. Osann.

**9. W. M. Foote** (in Philadelphia): **Ueber Leadhillitpseudomorphosen von Granby, Mo.** (Americ. Journ. Sc. 1895, 50, 99).

Neben Pseudomorphosen von Cerussit nach Calcit findet sich auch Leadhillit in der Form von Calcitskalenoëdern. Die Pseudomorphosen sind zum Theil massiv, zum Theil hohl und dann im Inneren mit Leadhillitkrystallen besetzt, zu denen sich zuweilen noch Cerussit und Galmei gesellt. Ebenso fanden sich Pseudomorphosen von Leadhillit nach Bleiglanz {100}. Auch hier ist ersterer zum Theil gut krystallisirt, zum Theil bildet er eine faserige, graue Masse, deren Farbe von beigemengtem, unzersetztem Bleiglanz herrührt.

Ref.: A. Osann.

**10. W. H. Hobbs** (in Madison, Wisc.): **Mineralogische Notizen** (Ebenda 121).

1. Cerussit mit einer äusseren Schicht von Bleiglanz von Missoula, Mont. Die Stufe stammt aus einem weichen Talkschiefer, der mit Kalkstein wechselagert. Die Cerussitkrystalle sind nach der *c*-Axe verlängert und dicktafelförmig nach {010}. Beobachtete Formen: {110}, {100}, {130}, {040}, {332}, {111}, {380}. Die letzte Form ist neu; zu ihrer Bestimmung gemessen:

$$(0\bar{1}0):(\bar{3}80) = 31^{\circ}49', \text{ berechnet } 31^{\circ}35'.$$

Die meisten Krystalle sind Zwillinge und Viellinge nach {110}. Eine chemische Analyse ergab nach Abzug der Verunreinigung die Zusammensetzung des Cerussit.

Die dünne äussere Schicht von Bleiglanz auf der Oberfläche der Krystalle ist eine Umhüllungspseudomorphose.

2. Baryt und Manganit von der Lucy Mine, Negaunee, Mich. Der nach {001} tafelförmige Baryt zeigt die Formen {001}, {110}, {100}, {102}, {040}, {014}.

Die Manganitkrystalle sind prismatisch entwickelt von der Comb. {110}, {001}, zum Theil mit {100} und einem Brachydoma und Makroprisma, die der Rundung der Flächen wegen nicht näher bestimmt werden konnten.

3. Chloritoid vom Michigamme See, Mich. Das Mineral stammt aus losen Phyllitblöcken von der Südküste des Sees. Sechsseitige, grösstentheils verzwilligte Blättchen. H. 5—6. Vollkommen spaltbar nach {001} und nach zwei Flächen, welche einen Winkel von ca.  $120^{\circ}$  bilden und ungefähr normal zu {001} stehen; sie entsprechen einem Prisma oder einer steilen Pyramide. Ausserdem ist eine unvollkommene Spaltbarkeit nach {010} vorhanden. Die optischen Eigenschaften sprechen für monoklines oder triklines System. Starke Licht- und schwache Doppelbrechung. Die Ebene der optischen Axen steht ungefähr normal zu {001} und halbtirt anscheinend den stumpfen Winkel der prismatischen Spaltbarkeit. Die positive (vielleicht stumpfe) Bisectrix steht ungefähr normal auf {001}. Der Pleochroismus ist

$\alpha$  olivengrün bis grüngrau,  
 $\beta$  dunkelblau,  
 $\gamma$  hellgelbgrün. Absorption  $\beta > \alpha > \gamma$ .

Zwillingsbildungen nach dem Tschermak'schen Gesetze.

Eine Analyse des mit etwas Quarz und Magnetit verunreinigten Minerals von L. Kahlenberg ergab:

$SiO_2$	35,52
$Al_2O_3$	29,53
$Fe_2O_3$	5,85
$FeO$	22,38
$MgO$	0,76
$CaO$	1,38
$H_2O$	5,94
$P_2O_5$	Spur
	<hr/> 101,36

Die Zusammensetzung ist sehr nahezu die des Chloritoid von Natic, R. J.

4. Apatit und Hessonit aus Pegmatit von Canaan, Co. Beide Mineralien werden begleitet von weissem Feldspath, grünlichem Muscovit, oft Quarzkrystalle umschliessend, Biotit und schwarzem Turmalin. Der Hessonit bildet zum Theil Krystalle, zum Theil ist er mit Feldspath schriftgranitartig verwachsen.

Ref.: A. Osann.

**11. W. F. Hillebrand** (in Washington, D. C.): **Calaverit vom Cripple Creek, Col.** (Ebenda 128).

Der Verf. hat Calaverit von drei Localitäten aus dem Cripple Creek-District analysirt. I. ist von der Prince Albert-Mine. Hell bronzegelb. Pulver grüngrau. Spec. Gew. 9,00, H. etwas über 3. Verhalten vor dem Löthrohre das normale. Das analysirte Material war sehr rein und zum Theil gut krystallisirt. II. von der Raven-Mine, III. von der C. O. D.-Mine. Die beiden letzten konnten nicht so rein als I. erhalten werden. Die Analysen ergaben:

	I.	II.	III.
<i>Te</i>	57,27	47,69	53,89
<i>Au</i>	38,95	33,93	39,34
<i>Ag</i>	3,24	4,47	0,85
Unlöslich	0,33	5,80	0,94
$Fe_2O_3$	0,42	—	—
<i>Fe</i>	—	5,44	4,67
<i>S</i>	—	6,17	4,58
<i>Mn</i>	—	—	0,23
<i>Ca</i>	—	—	0,54
<i>Mg</i>	—	—	0,40
<i>O, Fl</i> etc. (Differenz)	—	—	0,95
	<hr/> 99,88	<hr/> 100,47	<hr/> 100,00

Bei II. ist der *S* aus *Fe* (für  $FeS_2$ ) berechnet. III. enthielt etwas Fluorit, daher der *Ca*- und *Fl*-Gehalt. Mit Vernachlässigung aller Verunreinigungen ergeben die Analysen:

	I. Atomverhältn.:	II. Atomverhältn.:	III. Atomverhältn.:
<i>Te</i>	57,60    2,04	57,40    2,05	57,30    2,09
<i>Au</i>	39,17 }    1,00	40,83 }    1,00	41,80 }    1,00
<i>Ag</i>	3,23 }	4,77 }	0,90 }
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Bemerkenswerth ist der geringe Gehalt an *Ag* in III. Bisher war kein Calaverit mit weniger als 3 % *Ag* bekannt.

Penfield untersuchte die Calaveritkrystalle von der Prince Albert-Mine. Sie sind prismatisch, die Prismenzone konnte jedoch der starken Streifung wegen nicht gemessen werden. Die terminalen Flächen sind sehr klein und so unregelmässig ausgebildet, dass das Krystallsystem nicht bestimmt werden konnte. Die Formenentwicklung ist der des Sylvanit ähnlich; stellt man sie dem Sylvanit analog auf, so ist die prismatische Zone der *b*-Axe parallel. I. giebt die Messungen an einem Zwillingskrystalle, während II. die correspondirenden Winkel des Sylvanits sind.

	I.	II.
(111):(111) über die Zwillingsgrenze	93° 35'	94° 30'
(110):(110) - - -	35 2	34 43
(110):(111)	36 35	37 3
	36 33	

Andere Flächen konnten nicht auf das Sylvanit-Axenverhältniss bezogen werden. Nach der Vertheilung der Flächen ist der Calaverit wahrscheinlich triklin und in Axenverhältniss und Winkeln dem Sylvanit ähnlich.

Ref.: A. Osann.

**12. W. H. Sherzer** (in Ypsilanti, Mich.): **Gediegener Schwefel in Michigan** (Americ. Journ. Sc. 1895, 50, 245).

Das neue Schwefelvorkommen liegt eine Meile westlich Scofield, Monroe Co., Mich. Ein der Upper Helderberg-Gruppe (Unterdevon) zugehöriger, unreiner, gelbgrauer Kalkstein, der 1—3 Fuss mächtige, nahezu horizontal gelagerte Bänke bildet und Brachiopoden, Korallen und Bryozoen, sowie kohlige Substanzen enthält, schliesst zahlreiche Hohlräume bis 3 Fuss im Durchmesser ein. Diese Räume sind mit Calcitskalenoëdern und tafelförmigen Cölestinkrystallen ausgekleidet, während Schwefel zum Theil mit diesen Mineralien gemengt theilweise das Innere ausfüllt. Nur in einem dieser »Pockets« wurde Gyps gefunden. Ein Acre des Kalksteins wurde abgebaut und ergab ca. 100 Barrels reinen Schwefel. An der Basis dieser Schwefel-führenden Bank entspringt eine Quelle, deren Wasser  $H_2S$  enthält und Schwefel absetzt, ebenso sollen die Quellen der ganzen Gegend etwas  $H_2S$  führen. Der Verf. glaubt, dass der  $H_2S$  durch Zersetzung organischer Substanzen entstanden sei. (Wohl durch die reducirende Wirkung dieser auf Cölestin.)

Ref.: A. Osann.

**13. G. Chr. Hoffmann** (in Ottawa): **Ueber ein Blei-führendes Fahlerz** (Ebenda 273). — Das Mineral stammt von Kaslo-Slocan, West-Kootanie-District, Britisch Columbien, und kommt zum Theil mit Bleiglanz, Zinkblende und Pyrit, zum Theil allein in Quarz eingewachsen vor. Es ist derb, etwas faserig, eisen-grau, metallglänzend. Strich dunkelbraun, spec. Gew. 5,082 bei 15,5°. Eine Analyse ergab R. A. A. Johnston nach Abzug der Gangart auf 100 berechnet:

S	21,68
Sb	28,22
As	0,23
Cu	22,14
Ag	11,20
Pb	9,38
Zn	6,22
Fe	0,93
	<hr/>
	100,00

Ref.: A. Osann.



**14. R. L. Packard** (in Washington, D. C.): **Ueber das Vorkommen von Kupfer im westlichen Idaho** (Americ. Journ. Sc. 1895, 50, 298).

Kupfer kommt in der Form des Buntkupfererzes auf der Peacock- und Victoria-Mine im südlichen Theile des »Seven Devils«-Gebirges vor. Die Erze treten in Gängen auf, welche an den Contact eines Kalkes mit Quarzdiorit gebunden sind; ersterer ist am Contact zu einem Granat-Epidotgestein metamorphosirt. Das Buntkupfererz enthält Silber, bis zu 20 Unzen auf die Tonne und zuweilen gediegen Gold. Gold kommt ausserdem auf einem Quarz gange am Contact von Diorit und Basalt vor. Von der Peacock-Mine wurde der Powellit zuerst beschrieben.

Ref.: A. Osann.

**15. J. F. Kemp** (in New York): **Krystalliner Kalk, Ophicalcit und begleitende Schiefer aus den östlichen Adirondack-Bergen** (Bull. geol. Soc. Americ. 1895, 6, 244).

Der körnige Kalk von Port Henry enthält accessorisch, theils in vereinzelten Krystallen, theils in Putzen und grösseren Massen (»horses« bis 50' mächtig), Graphit, Magnetkies, Magnetit, Flussspath, Quarz, Rutil, Apatit, Plagioklas, schwarzen und braunen Turmalin, Biotit, Phlogopit, Muscovit, Hornblende, Augit, Titanit, Skapolith, Granat, Zirkon und Wollastonit. Die grösseren Massen bestehen in der Regel aus einem Silicatgemenge von granitisch-dioritischer Zusammensetzung mit hauptsächlich Plagioklas (Labrador-Anorthit), Quarz, brauner Hornblende, grünem Pyroxen, Biotit, Titanit, dem Graphit reichlich beigemengt ist.

In den Ophicalciten ist der Serpentin, wie schon Merrill fand, fast stets aus Pyroxen entstanden, in vereinzelten Fällen ist das Muttermineral isotrop und stark lichtbrechend, wahrscheinlich Granat. Die Zusammensetzung eines farblosen bis schwach rosa gefärbten Augits aus Ophicalcit ist nach Ries:

$SiO_2$	54,57
$Al_2O_3$	1,32
$FeO$	1,62
$MgO$	17,78
$CaO$	23,25
$K_2O$	0,70
$H_2O$	0,32
	<hr/> 99,56

Andere körnige Kalke, wie der von Keene, enthalten neben Pyroxen und Granat stellenweise so reichlich Magnetit, dass letzterer von technischer Bedeutung ist.

Ref.: A. Osann.

**16. G. Chr. Hoffmann** (in Ottawa): **Chemische Beiträge zur Geologie Canadas** (Ann. Rep. Geol. Surv. Canada, Ottawa, 1892—93, Vol. VI, Part. R, p. 9).

Der Verf. theilt eine Reihe von chemischen Untersuchungen mit, welche an Erzen, Mineralien, Gesteinen und Mineralwässern in dem Laboratorium der Geol. Survey ausgeführt wurden.

Gediegen Platin. Ein schwarzer Sand, welcher am Rock Creek, einem Nebenfluss des Kettle River, British Columbia, beim Waschen erhalten wurde, enthält nach Johnston 44,7 0/0 ged. Platin, 1,8 0/0 Gold, 47,4 0/0 Magnetit

und 6,4 % Sand. Das Platin bildet unregelmässige Körnchen bis 4 mm im Durchmesser im Maximum.

Lepidomelan in Arsenkies eingewachsen von der Bob Neill-Mine, Marmora, Hastings Co., Ontario, hat folgende Zusammensetzung:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$	$TiO_2$
32,79	14,34	4,52	26,32	0,29	4,68	1,45	2,00	7,24	0,92
$H_2O$ (bei 100°)		$H_2O$ (über 100°)		Sa.:		Spec. Gew.:			
4,38		3,68		99,64		3,49			

Andere Vorkommen von Lepidomelan sind: In Quarz, von der Feigle-Mine, Marmora. In Sodalith eingewachsen im Eläolithsyenit von Dungannon, Hastings Co. Mit Pentlandit, nickelhaltigem Magnetkies und Kupferkies von der Worthington-Mine, Algoma, Ont.

Aktinolith von Westmeath, Renfrew Co., Ont. Hell grüngrau, feinfaserig, spec. Gew. 2,944.

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MnO$	$NiO$	$MgO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$
56,70	1,62	3,06	7,19	0,30	0,54	17,20	10,62	0,64	0,24
$H_2O$ (bei 100°)		$H_2O$ (über 100°)		Sa.					
0,64		2,05		100,80					

Andradit von Cawood, Pontiac Co., Quebec. Derb, schwarz, in dünnen Splittern dunkelpurpurroth, spröde, spec. Gew. 3,690.

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	$H_2O$ (bei 100°)	Sa.
36,09	12,69	12,33	3,30	0,48	0,94	34,46	0,04	100,33

Andradit von Foster's Bar, Fraser River, Britisch Columbia. Derb, feinkörnig lederbraun, spec. Gew. 3,706. Zusammensetzung:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	$H_2O$ (bei 100°)	Sa.
34,52	4,09	25,82	2,66	0,94	0,59	34,49	0,03	100,44

Grossular von Litchfield, Pontiac Co., Quebec. Derb, honiggelb, spec. Gew. 3,623.

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	$H_2O$ (bei 100°)	Sa.
36,80	20,53	2,38	0,56	0,50	1,54	37,41	0,07	99,76

Hornblende von Foster's Bar, Fraser River, Britisch Columbia. Schwarzgrün, faserig, sp. Gew. 3,404. Zusammensetzung:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$
38,79	11,51	16,88	15,96	0,62	2,86	11,57	0,71	1,36
$H_2O$ (bei 100°)		$H_2O$ (über 100°)		Sa.				
0,09		0,83		101,18				

Klinochlor von Buckingham, Ottawa Co., Quebec. Weiss bis schwach bläulich, perlmutterglänzend, in dünnen Blättchen durchsichtig, spec. Gew. 2,634. Kommt mit Skapolith und Serpentin zusammen vor. Zusammensetzung:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$MgO$	Glühverl.	Sa.
28,65	18,96	37,49	15,22	100,32

Klinochlor von Bagot, Renfrew Co., Ont. Dunkelgrün, durchsichtig.

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$Cr_2O_3$	$MgO$	$K_2O$	$H_2O$	Sa.
27,23	19,44	2,17	4,91	0,99	32,67	0,08	12,04	99,53

Talk von Grimsthorpe, Hastings Co., Ont. Hell gelbgrün, spec. Gew. 2,65.

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$Ni_2O$	$MgO$	$CaO$	$H_2O$ (bei 400°)	$H_2O$ (über 400°)	Sa.
60,45	0,27	0,78	2,04	0,50	29,84	0,16	0,32	5,42	99,78

Diallag von Melbourne, Richmond Co., Quebec. Hell grüngrau, derb, in Serpentin eingewachsen. Zusammensetzung:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$Cr_2O_3$	$MgO$	$CaO$	$H_2O$	Sa.
50,66	4,47	0,70	2,75	1,40	17,45	21,84	0,69	99,93

Kobalthaltiges Arseneisen von Galway, Peterborough Co., Ontario. Derb, stahlgrau, grauschwarzer Strich, spec. Gew. 7,028. Mit Magnetkies und Quarz vorkommend. Zusammensetzung nach Abzug von  $SiO_2$  für Quarz:

As	S	Fe	Co	Ni	Sa.
70,85	0,84	24,67	2,88	0,79	100,00

Wismuthglanz von Jonquière, Chicoutimi Co., Quebec. Bleigrau, auf einem Gange mit Perthit, Rauchquarz, hellbraunem Muscovit, schwarzem Turmalin und rothbraunem Spessartit aufsetzend. Spec. Gew. 6,784. Zusammensetzung:

S	Bi	Pb	Cu	Fe	Sa.
18,46	79,28	1,68	0,48	0,74	100,64

Damourit von Kicking Horse Valley, East Kootanie, Br. Columbia. Blättriges Aggregat, gelbgrün mit Dolomit, Quarz und etwas Calcit vorkommend. Spec. Gew. 2,857. Zusammensetzung:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$MgO$	$Na_2O$	$K_2O$	Fl	Cl	$H_2O$	Sa.
44,28	33,60	0,62	3,03	0,40	9,87	0,59	0,54	6,25	99,13

Sericit von Wait-a-bit Creek, Columbia River, Br. Columbia. Gelblich-weiße Blättchen aus Sericitschiefer. Zusammensetzung:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$MgO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$	$Li_2O$	$Cs_2O$	$H_2O$	Sa.
46,05	38,36	0,97	0,47	2,40	2,98	6,19	0,34	0,03	2,48	100,27

Cookeit bildet dünne Lagen in dem Sericitschiefer von Wait-a-bit. Blättrige grauweiße, weiße oder hell apfelgrüne Massen. Vor dem Löthrohre blättert er sich auf und giebt eine carminrothe Li-Flamme. Mit Kobaltsolution gegläut blaue Färbung. Im Kölbchen giebt er Wasser. Zusammensetzung:

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$MgO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$	$Li_2O$	Fl	$H_2O$	Sa.
32,00	45,87	0,78	1,63	0,65	0,06	2,10	0,02	17,29	100,40

Strontianit von Nepean, Carleton Co., Ontario. Bildet 2 bis 6 Zoll mächtige Adern in Kalk. Radialstenglige Aggregate. Spec. Gew. 3,704. Zusammensetzung:

$CO_2$	$SrO$	$CaO$	Unlöslich	Sa.
30,54	65,43	3,38	0,17	99,52

Gediegen Eisen von Cameron, Nipissing-District, Ont. In den stark kaolinisirten Albitschnüren eines Perthit finden sich zahlreiche Kügelchen von stahlgrauer Farbe und metallischem Glanz. Nur wenige derselben erreichen eine Grösse von 1 mm Durchmesser, die meisten sind bedeutend kleiner. Sie sind sehr hart, stark magnetisch, spröde, überziehen sich in einer Lösung von Kupfersulfat mit metallischem Kupfer. Von  $HCl$  unter Wasserstoffentwicklung leicht gelöst. Spec. Gew. 7,257. Zusammensetzung:

Fe	Mn	Ni	Unlöslicher nichtmetallischer Rest	Sa.
90,45	0,75	Spur	7,26	98,46

S, P und organische Substanzen wurden nicht bestimmt. Co und Cu sind nicht vorhanden. Der unlösliche Rest enthält 88,77%  $\text{SiO}_2$  nebst etwas  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , CaO und wahrscheinlich MgO.

**Mineralogische Notizen.** Gediegen Silber von Calumet, Pontiac Co., Quebec. In einem mit Quarz verwachsenen Diabas. Ebenso zum Theil in kleinen Oktaëdern in einem Quarz vom Kaslo-Slocan Mining-District, Britisch Columbia.

Spinell von Portland West, Ottawa Co., Quebec. Körner und Oktaëder von blauem Spinell mit Granat, Glimmer, Graphit und etwas Serpentin in krystallinem Kalk.

Arquerit an verschiedenen Orten in Britisch Columbia. Ein Vorkommen vom Vital Creek zeigt flache Körnchen und kleine »Nuggets« von 3—17 mm Durchmesser. Eine Analyse ergab: Ag 86,15, Hg 11,90,  $\text{SiO}_2$  0,45, Sa. 98,50%. Eine andere Probe aus demselben Districte Ag 83,30, Hg 11,00, Pb 0,40, Cu 0,20, Sa. 94,90%. Spuren von Au, Pt und Fe.

Rothkupfererz von Sutton, Brome Co., Quebec. Mit Buntkupfererz und Malachit.

Chrommagnesiaglimmer von Hyman, District Algoma, Ontario. Grasgrün, mit nickelhaltigem Magnetkies vorkommend.

Pyrargyrit vom Kaslo-Slocan Mining-District, West Kootanie, Britisch Columbia. Auf der Willington-Mine in demselben Districte kommt auf Bleiglanz Anglesit und Cerussit vor, letztere beiden krystallisirt.

Tennantit von verschiedenen Orten des Township Barrie, Frontenac Co., Ontario.

Kieselzinkerz von Ainsworth, West Kootanie-District, Britisch Columbia, in kleinen tafelförmigen Krystallen aus Hohlräumen eines krystallinen Quarzes.

Lepidolith von Gold Hill, West Kootanie-District, Britisch Columbia, weisse, durchsichtige Blätter, mit Calcitkryställchen in Hohlräumen eines Quarzes.

Altaït vom Liddle Creek, West Kootanie-District, Britisch Columbia. Derb auf Quarz.

Jamesonit von verschiedenen Punkten des Township von Barrie, Frontenac Co., Ontario.

Strontianit hat am Horsefly river, Cariboo-District, Britisch Columbia, eine weite Verbreitung. Er kommt als Ausfüllungsmasse von Hohlräumen oder als Cement von goldführenden Kiesen im Tertiär vor.

Zinnober von der Mündung des Copper Creek, Kamlops Lake, Britisch Columbia, kommt mit Quarz, Calcit, Dolomit und Baryt in tertiären vulkanischen Gesteinen vor. Neuerdings wurde auch Antimonglanz als begleitendes Mineral gefunden.

Ref.: A. Osann.

# **17. G. F. Becker (in Washington D. C.): Ueber die Goldfelder der südlichen Appalachen (16. Annual Rep. U. St. Geol. Survey 2, 1894).**

In dem hauptsächlich die geologischen Verhältnisse der Goldfelder beschreibenden Report giebt der Verf. eine Zusammenstellung der das Gold begleitenden Gangminerale. Es werden ausser den allgemein verbreiteten, Quarz und Pyrit, folgende Mineralien angeführt: Aktinolith, Albit, Allanit, Altaït, Anglesit, Apatit, Argentit, Baryt, Barnhardtit, Biotit, Wismuthocker, gediegen Wismuth, Wismuth-



glanz, Bismutit, Calcit, Kassiterit, Cerussit, Kupferkies, Chlorit, Kieselkupfer, gediegen Kupfer, Kupferglanz, Covellin, Rothkupfererz, Enargit, Epidot, Flussspath, Bleiglanz, Granat, Eisenglanz, Titaneisen, Leukopyrit, Magnetit, Markasit, Melakonit, Mispickel, Molybdänglanz, Muscovit, Nagyagit, Orthoklas, Pyrolusit, Pyromorphit, Magnetkies, Manganspath, Skorodit, Scheelit, gediegen Silber, Titanit, Stolzit, Sylvanit, Tellur, Tetradymit, Fahlerz, Turmalin, Vanadinit, Wavellit, Wolfram, Zinkblende.

Ref.: A. Osann.

**18. F. W. Clarke** (in Washington): **Die Constitution der Silicate** (Bull. U. S. Geol. Survey, Washington 1895, **125**, 1—109).

Der Verf. sucht in dieser Arbeit die wahrscheinlichsten Constitutionsformeln der verschiedenen Silicate aufzustellen, welche nicht nur deren Zusammensetzung, sondern auch deren Beziehungen zu einander darlegen sollen. In der Einleitung sind sowohl die Schwierigkeiten, als auch die allgemeinen Grundzüge, welche er bei der Forschung befolgte, berührt. Es wurde bemerkt, dass die scheinbare Complicirtheit vieler Silicate bei weiterer Untersuchung verschwindet, und dass ihre grosse Beständigkeit, ihre beschränkte Zahl und die Bedingungen ihrer Bildung auf eine einfache Constitution hinweisen.

Die Methoden der Forschung, welche uns gegenwärtig zu Gebote stehen, um die Constitutionsformeln aufzustellen, sind: die physikalischen Eigenschaften, unter welchen Krystallform und specifisches Gewicht die werthvollsten sind, indem erstere oft die Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit der chemischen Structur und letztere das Molekularvolumen anzeigt, die Naturgeschichte eines Minerals, seine Entstehung, sein Vorkommen und seine Veränderungen und zuletzt die Untersuchung im Laboratorium.

Es steht fest, dass die Structurformel die Functionen der verschiedenartigen Atomgruppen anzeigen muss. Dazu kommt, dass bei der Entscheidung zwischen zwei rivalisirenden Formeln das Gesetz vorläufig anwendbar ist, dass bei sonstiger Gleichheit eine symmetrische Formel wahrscheinlicher als eine unsymmetrische ist. Diese Regel ist natürlich nur von vorläufigem Werthe, folgt aber naturgemäss aus der Beständigkeit der Silicate.

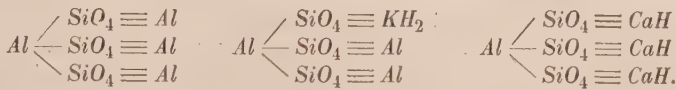
Die Betrachtung der verschiedenen Kieselsäuren zeigt, dass es fünf giebt, deren Salze in der Erdrinde vorkommen. Diese sind:

Orthokieselsäure	$H_4SiO_4$
Diorthokieselsäure	$H_6Si_2O_7$
Metokieselsäure	$H_2Si_2O_3$
Dimetokieselsäure	$H_2Si_2O_5$
Trikieselsäure	$H_4Si_3O_8$ .

Wenn wir nicht die Möglichkeit einer Polymerisation der Metokieselsäure annehmen, wie es der Aether  $(C_2H_5)_5Si_4O_{12}$  von Troost und Hautefeuille nahelegt, so brauchen wir keine anderen aufzustellen, um den Thatsachen Rechnung zu tragen, welche jetzt vorliegen. Die Möglichkeit der Existenz anderer Kieselsäuren ist eine ganz andere Frage.

Das Problem der Constitution der Silicate wird noch verwickelt durch die Thatsache, dass wenige davon einfache normale Salze sind, sondern dass die meisten von ihnen Doppelsalze und einige dreifache darstellen, und dass sowohl saure als basische Salze vorkommen. Ein Ueberblick zeigt zuerst, dass viele davon sich sehr leicht als Orthosilicate interpretiren lassen, und dann, dass weitaus

die grössere Anzahl Aluminiumsalze sind. Betrachten wir die Orthosilicate des Aluminiums, so tritt eine allgemeine — nicht ausschliessliche — Beziehung hervor, sobald wir die Thatsache berücksichtigen, dass Aluminium jetzt mit Recht als dreiwerthiges Metall angesehen wird. Diese ist, dass viele, vielleicht alle Orthosilicate des Aluminiums [und anderer Basen. D. Ref.] am einfachsten als Substitutionsderivate des normalen Salzes  $Al_3(SiO_4)_3$  dargestellt werden. Während die Structurformel dieses normalen Salzes in verschiedener Weise geschrieben werden kann, wird für praktische Zwecke die folgende allein ausreichen, um die beobachtete Ersetzbarkeit der Aluminiumatome durch andere Atome oder Gruppen zu zeigen:



### Orthosilicate des Aluminiums.

1. Nephelin-Typus. Vom normalen Salz ausgehend ist die erste und einfachste Möglichkeit die Ersetzung eines Aluminiumatoms durch drei einwerthige Metalle, was eine Verbindung von der allgemeinen Formel  $Al_3(SiO_4)_3R_3$  ergibt. Diese wird vom Verf. als Nephelintypus bezeichnet und er bezieht auf sie

Eukryptit	$Al_3(SiO_4)_3Li_3$
Nephelin	$Al_3(SiO_4)_3Na_3$
Kaliophililit	$Al_3(SiO_4)_3K_3$
Hydronephelin	$Al_3(SiO_4)_3Na_2H + 3H_2O$
Muscovit	$Al_3(SiO_4)_3KH_2$
Paragonit	$Al_3(SiO_4)_3NaH_2$
Topas	$Al_3(SiO_4)_3(AlF_2)_3$
Andalusit	$Al_3(SiO_4)_3(AlO)_3$

2. Granat-Biotit-Typus. Damit wird eine zweite Reihe von Derivaten bezeichnet, in welchen zwei Aluminiumatome ersetzt sind, und deren allgemeine Formel  $Al_2(SiO_4)_3R_6$  ist. Sie kann in drei Untertypen eingetheilt werden: einen, in welchem alle substituierenden Atome einwerthig sind, einen, in welchem alle zweiwerthig sind, und einen, in welchem ein- und zweiwerthige vorkommen. Auf diese bezieht er:

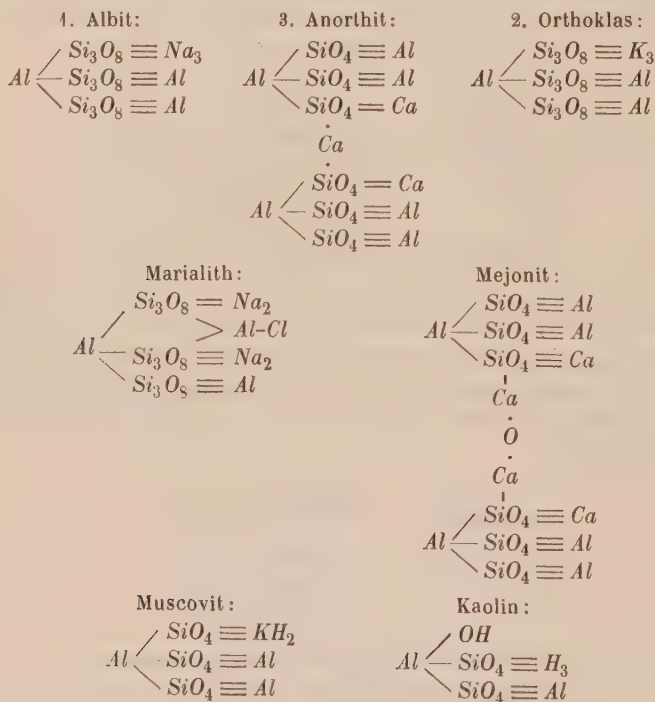
Natrolith	$Al_2(SiO_4)_3Na_2H_4$
Dumortierit	$Al_2(SiO_4)_3(AlO)_6$
Zunyt	$Al_2(SiO_4)_3R_6$
Prehnit	$Al_2(SiO_4)_3Ca_2H_2$
Biotit	$Al_2(SiO_4)_3Mg_2HK$
Granatgruppe	$R_2(SiO_4)_3R_3$
Epidotgruppe	$R^2(SiO_4)_3R_2(ROH)$
Sodalith	$Al_2(SiO_4)_3Na_4(AlCl)$
Hauyn	$Al_2(SiO_4)_3Na_2Ca(AlSO_4Na)$
Nosean	$Al_2(SiO_4)_3Na_4(AlSO_4Na)$
Lasurit	$Al_2(SiO_4)_3Na_4(AlS_3Na)$
Cancrinit	$Al_2(SiO_4)_3Na_4H(AlCO_3)$

Vesuvian ist am einfachsten repräsentirt durch die Vereinigung zweier Granat-

moleküle unter Austritt von Kieselsäure  $Al_2(SiO_4)_5R_6^{II}(AlOH)$ . Melilith und Gehlenit können durch ähnliche Formeln ausgedrückt werden: Melilith durch  $Al_2(SiO_4)_4(SiO_3)_2R_6^{II}$  und Gehlenit durch  $Al_2(SiO_4)_5R_6^{II}(AlO_2R)_2$ .

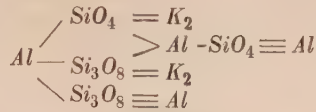
3. Feldspäthe und Skapolithe. Wenn auch Ortho- und Trikieselsäure in Wirklichkeit verschieden sind, so kommen doch ihre Aluminium enthaltenden Salze in so verschiedenen Mischungen vor, dass die beiden Säuren in einigen Gruppen von Mineralien als einander äquivalent betrachtet und ihre Verbindungen mit einander besprochen werden müssen. Zwei solche Gruppen sind die Feldspäthe und die Skapolithe.

Für jede dieser Gruppen hat die von Tschermak entwickelte Theorie allgemeine Annahme gefunden. Der Verf. hat versuchsweise einige andere mögliche Hypothesen untersucht, aber keine von ihnen erfüllt alle nothwendigen Bedingungen so gut wie das Schema Tschermak's. Die Umwandlungserscheinungen legen den Gedanken nahe, dass die Feldspäthe und Skapolithe mit Muscovit und Kaolin zusammenhängen, daher die Structurformeln ihre Beziehungen deutlich machen sollen. Die vom Verf. vorgeschlagenen Formeln sind die folgenden, wobei eine Verdreifachung der empirischen Albit- und Anorthitformeln eintreten muss.



Leucit ist empirisch scheinbar ein Metasilicat und wird gewöhnlich als solches betrachtet. Er kann jedoch leicht als ein gemischtes, Ortho- und Trikieselsäure enthaltendes Salz aufgefasst werden. Auf Grund der einfachen Formel  $AlKS_2O_6$  kann man die Erscheinungen seiner natürlichen Veränderung und die Resultate der künstlichen Versuche nicht erklären, weshalb ein Vielfaches dieser Formel angenommen werden muss. Eine Beziehung zwischen der Granat- und

der Sodalithgruppe liegt bei der isometrischen Krystallform nahe und kann durch die vervierfachte Formel  $Al_4K_4Si_8O_{24}$  ausgedrückt werden. Die folgende Structurformel wird als möglich angesehen:



Analcim hat eine ähnliche Formel, wobei ein Viertel des Wassers als Constitutionswasser angesehen wurde.

4. Die normalen Zeolithe. Diese werden ausführlich behandelt und als Substitutionsderivate der Feldspäthe betrachtet, wie der Verf. in einer vorhergehenden Abhandlung gezeigt hat (Am. Journ. Sci. 1894 (3), 48, 187. Diese Zeitschr. 26, 522.)

Aus der vorliegenden Abhandlung mag die folgende zusammengedrückte Tabelle aufgeführt werden, wobei  $X$  entweder  $SiO_4$  oder  $Si_3O_8$  repräsentiren soll.

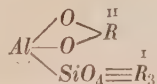
	Typus $Al_3X_3R_3$
Hydronephelin	$Al_3(SiO_4)_3Na_2H \cdot 3H_2O$
Offretit	$Al_3(SiO_4)_3(Si_3O_8)_2R_3 \cdot 8H_2O$
Gmelinit	$Al_3(SiO_4)_3(Si_3O_8)_2Na_3 \cdot 9H_2O$
	Typus $Al_6X_6Ca_3$
Thomsonit	$Al_6(SiO_4)_6Ca_3 \cdot 7H_2O$
Gismondin	$Al_6(SiO_4)_6Ca_3 \cdot 12H_2O$
Laumontit	$Al_6(SiO_4)_3(Si_3O_8)_3Ca_3 \cdot 12H_2O$
Phillipsit	$Al_6(SiO_4)_3(Si_3O_8)_3Ca_2K_2 \cdot 14H_2O$
Levyn	$Al_6X_6Ca_3 \cdot 15H_2O$
Heulandit, Epistilbit	$Al_6(Si_3O_8)_6Ca_3 \cdot 16H_2O$
Stilbit	$Al_6(Si_3O_8)_6Ca_3 \cdot 18H_2O$
Chabasit	$Al_6(SiO_4)_3(Si_3O_8)_3Ca_3 \cdot 18H_2O$
	Typus $Al_2X_3R_6$
Natrolith	$Al_2(SiO_4)_3Na_2H_4$
Prehnit	$Al_2(SiO_4)_3Ca_2H_2$
Skolezit	$Al_2(SiO_4)_3CaH_4 \cdot H_2O$
	Typus $Al_4X_6Ca_6$
Mesolith	$Al_4(SiO_4)_6CaNa_2H_8 \cdot H_2O$
Foresit	$Al_4(SiO_4)_6CaH_{10} \cdot H_2O$

5. Die Glimmer und Chlorite. (Vgl. auch diese Zeitschr. 19, 463.) Auch diese Gruppen wurden sehr detaillirt behandelt und bemerkt, dass die Mineralien derselben, was die Substitutionstheorie betrifft, besonders wichtig sind, weil sie eine sehr vollständige Reihe bilden. So haben wir:

Normales Orthosilicat	$Al_4(SiO_4)_3$
Muscovit	$Al_3(SiO_4)_3KH_2$
Normaler Biotit	$Al_2(SiO_4)_3Mg_2KH$
Normaler Phlogopit	$Al(SiO_4)_3Mg_3KH_2$

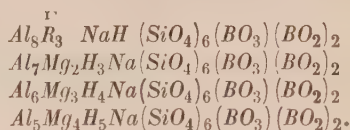


Die sauren Phengite Tschermak's werden durch die Beimischung von Tri-kieselsäuremolekeln, bestehend aus  $\overset{I}{Si_3O_8}$ , erklärt, was die allgemeine Formel für Muscovite  $Al_3(SiO_4)_3R_3 + Al_3(Si_3O_8)_3R_3$  giebt. Die noch grössere Variation bei den Biotiten und Phlogopiten kann auf analoge Weise dargestellt werden. Die allgemeine Formel für die Clintonitgruppe ist



Alle Eisenmagnesiaglimmer werden durch Beimischung von Molekeln des Biotits, Phlogopits und Clintonits vollkommen erklärt, und für die Orthochloritreihe genügen entsprechende Ausdrücke.

6. Die Turmalingruppe. Diese Gruppe stellt eine Reihe von Verbindungen dar, welche der Reihe der normalen Glimmer parallel geht und deren Formeln vom Molekül  $Al_4(SiO_4)_3$  abzuleiten sind. Nach den Analysen können alle Varietäten als den Kern  $Al_5(SiO_4)_6(BO_3)(BO_2)_2$  enthaltend angesehen werden, und vier Turmalintypen können von diesem Kern abgeleitet werden. Diese sind:



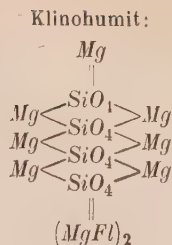
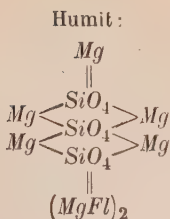
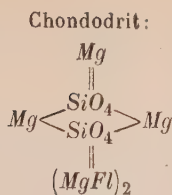
Bekannte Varietäten des Turmalins stimmen mit allen diesen Typen überein und die, welche es nicht thun, doch wenigstens mit Mischungen davon.

Die Mineralien Cappelinit, Melanocerit, Karyocerit und Tritomit scheinen mit den Turmalinen structurverwandt zu sein. Axinit ist etwas unsicher, aber seine allgemeine Formel ist, wie angenommen wird,  $AlR_4X_2(BO_3)$ .

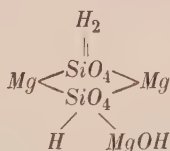
7. Einzelne Mineralien. Für den Staurolith wird die Formel  $Al_2Fe_3(AlO)_{12}(SiO_4)_6$  angenommen, und wird ihr der Vorzug vor derjenigen Groth's  $HA_5FeSi_2O_{13}$  gegeben, da sie eine symmetrischere Structur besitzt und besser mit den Analysen von Penfield und Pratt übereinstimmt, unter der Annahme, dass das Analysenmaterial etwas durch Wasseraufnahme gelitten hat, ferner, weil sie die Beziehung des Stauroliths zu Andalusit und Dumortierit darlegt.

Die Thone sind eine besonders schwierig zu erklärende Gruppe, aber viele von ihnen können vom normalen Aluminiumorthosilicat in analoger Weise wie der Kaolin abgeleitet werden, durch Ersetzung von  $SiO_4$  und  $Al$  durch  $OH$  und  $H_3$  eine Reihe bildend.

Orthosilicate zweiwerthiger Basen. Die allgemeine Formel der normalen Salze ist  $R_2SiO_4$ , zu welchen die Mineralien der Olivin- und Phenakitgruppe gehören. Sie können aber auch Polymere des Grundtypus sein, und genaue Untersuchungen der Derivate der normalen Salze scheinen die Annahme einer Polymerisation nothwendig zu machen. Für Chondrodit, Humit und Klinohumit sind die von Penfield und Howe empirisch aufgestellten Formeln angenommen, und sie werden ihrer Structur nach geschrieben:

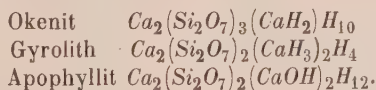


Phenakit und Willemitt werden als dreifach Polymere  $Be_2(SiO_4)_3$  resp.  $Zn_6(SiO_4)_4$  angesehen. Bertrandit, Calamin und Ilvaït werden als zweifach Polymere betrachtet: Bertrandit  $HBe_2(BeOH)(SiO_4)_2$ , Calamin  $H_2Zn_2(ZnOH)_2(SiO_4)_2$  und Ilvaït  $CaFe_2(AlOH)(SiO_4)_2$ . Eine ähnliche Constitution ist der Datolithgruppe zugeschrieben, indem die empirischen Formeln des Datolith und Euklas verdoppelt wurden. Serpentin wurde als ein Orthosilicat betrachtet, das sich vom polymeren  $Mg_4(SiO_4)_2$  ableitet, und ist folgende Structurformel dafür aufgestellt:



Orthosilicate vierwerthiger Basen. Diese sind schwierig in zufriedenstellender Weise zu erklären, aber es ist klar, dass sie mit denselben Grundsätzen wie die vorhergehenden Gruppen zu interpretiren sind. Für Zirkon ist die polymere Formel  $Zr_4(SiO_4)_4$  aus verschiedenen Gründen angenommen. Sphen wird als wahrscheinlich  $Ca=SiO_4=TiO$  betrachtet. Wöhlerit, Rosenbuschit, Låvenit und Hiortdahlit werden hier vorläufig angeführt, besser als bei den Metasilicaten, aber ihre Stellung ist unsicher.

Die Diorthosilicate. Das typische Glied dieser Gruppe von Mineralien ist Barysilit  $Pb_3Si_2O_7$ . Melanotekit und Kentrolith sind als basische Salze betrachtet, welche sich vom Barysilit ableiten. Okenit, Gyrolith und Apophyllit sind am besten als Salze von  $H_2Si_2O_7$  zu erklären:



Plombierit kann als ein viertes Glied dieser Gruppe gelten. Inesit ist als eine Mischung von analogen Salzen des Calciums und Mangans betrachtet. Iolith ist ebenfalls hierher gesetzt mit der angenommenen Formel  $Al_2(Si_2O_7)_5(AlOH)_2Al_4Mg_4$ . Dem Rowlandit ist die Formel  $Fe(Si_2O_7)_2Y_4Fl_2$  zugeschrieben.

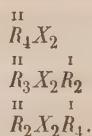
Die Meta- und Dimetasilicate. Wenn auch die Metasilicate auf den ersten Blick einfach erscheinen, so ist doch ihre Erklärung sehr schwierig. Dies kommt theilweise von der Thatsache her, dass unsere Kenntniss der Metakieselsäure lückenhaft ist, theilweise von der Möglichkeit einer Polymerisation und endlich von dem Umstande, dass ein Mineral scheinbar ein Metasilicat sein, in Wirklichkeit aber eine Mischung von Ortho- und Trisilicaten sein kann.

Es wurde angenommen, dass Wollastonit durch die Formel  $Ca_3Si_3O_9$  dargestellt werde, indem er auf den Pektolith  $Ca_2NaHSi_3O_9$  bezogen wurde. Der Verf. betrachtet die beiden Mineralien als chemisch verschieden von den Pyroxenen und wahrscheinlich nicht zu dieser Gruppe gehörig.

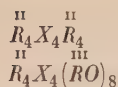
Einige Pyroxenformeln sind bekanntlich auf der Vorstellung begründet, dass dieselben Metasilicate seien, aber diese drücken, wie der Verf. bemerkt, nur ihre Zusammensetzung aus. Die Veränderung des Spodumen zu einer Mischung von Eukryptit und Albit legt die Alternative nahe, dass entweder sich der Spodumen von einer Polymetokieselsäure ableitet oder ein Pseudometasilicat ist, nämlich ein gemischtes Ortho- und Trisilicat analog dem Leucit. Wenn wir letztere Ansicht adoptiren, so müssen wir seine empirische Formel in folgender Weise verdoppeln (wobei seiner grösseren Dichte in Bezug auf den Leucit Rechnung getragen wird):  $Al_6(Si_3O_5)_3(SiO_4)_3Li_6$ . Diese Formel ist auch typisch für den Akmit und Jadeit. Wenn diese Formel für den Spodumen aufrecht erhalten wird, so zeigt sich der Parallelismus zwischen ihm und den Aluminium-Augiten durch folgende Formel für letztere:  $Al_6(SiO_4)_3(SiO_4)_3(AlO_2Mg)_6$ . Dies möchte scheinbar die Auffassung aller Pyroxene als Pseudometasilicate verlangen, in welchem Falle die normale Reihe (Diopsid, Hedenbergit etc.)  $R_8(Si_3O_8)_2(SiO_4)_2$  werden würde, z. B. Diopsid  $Mg_4Ca_4(Si_3O_8)_2(SiO_4)_2$ . Die Formel  $R_4(AlO)_8(SiO_4)_2(SiO_4)_2$  ist dieser entsprechend und aus dem Grunde der Einfachheit dem complicirteren Ausdrucke, welcher auf der Formel des Spodumens begründet ist, vorzuziehen. Der Verf. bemerkt: »Die Art, die Pyroxene so zu erklären, ist so weit entfernt von unserer gewöhnlichen Auffassung, dass ich sie mit grosser Zurückhaltung vorbringe. Sie vereinigt jedoch die Gruppe, sie drückt die beobachteten Veränderungen der verschiedenen Arten aus, und trotz ihrer Complicirtheit wird man finden, dass sie zu halten und zu stützen ist, weil sie in das Studium der Amphibole Licht bringt.«

Der Vergleich mit diesen letzteren zeigt, dass der Verf. von Tschermak's und der allgemein angenommenen Ansicht abweicht und den Pyroxenen ein grösseres Molekulargewicht und grössere Complicirtheit als den Amphibolen zuschreibt. Er gründet diese Ansicht auf das grössere specifische Gewicht der Pyroxene und auf die Erscheinung der Uralitisation.

Nach einer Besprechung der Formeln der verschiedenen Amphibole drückt der Autor die Ansicht aus, dass ein genaues Studium der besten Analysen der Pyroxene und Amphibole darauf hinweise, dass sie keine echten Metasilicate sind. Wenn auch in den meisten Fällen eine Annäherung an die Verhältnisse der Metasilicate sehr gross ist, so werden doch die Differenzen am besten dadurch erklärt, dass man sie als gemischte Silicate annimmt. Nach dieser Theorie werden, wenn  $Si_3O_8$  und  $SiO_4$  ohne Unterschied durch  $X$  dargestellt werden, ferner  $R$  für ein zweiwerthiges Metall und  $R$  für  $K$ ,  $Na$ ,  $H$ ,  $AlO$  oder  $FeO$  steht, die Amphibole umfassend durch folgende Formeln ausgedrückt:



In ähnlicher Weise sind die Pyroxene (mit Ausnahme der Akmit-Spodumen-Gruppe) durch Mischungen von



ausgedrückt.

Für den Talk wird eine Pseudometasilicatformel  $H_2Mg_3(Si_3O_8)(SiO_4)$  der Metasilicatformel  $H_2Mg_3(SiO_3)_4$  vorgezogen. Die Formel für den Beryll ist wahrscheinlich die eines Metasilicats  $Be_3Al_2(SiO_3)_6$ . Danburit und Chrysokoll sind als wahrscheinliche Metasilicate angesehen, aber hauptsächlich in Ermangelung weiterer Untersuchungen.

Das vorliegende Resumé wird in keiner Weise dem Gegenstande gerecht, da viele Mineralien, Einzelheiten und Gründe, welche der Verf. für seine Schlüsse angegeben hat, nothwendiger Weise übergangen worden sind. Die Arbeit ist von grosser Bedeutung für die chemische Mineralogie und sehr anregend für weitere Gebiete der Untersuchung bei der Synthese und Analyse von Mineralien.

Ref.: H. S. Washington.

**19. L. V. Pirsson** (in New Haven): **Pyroxen von Montana** (aus: H. W. Weed und L. V. Pirsson, The Highwood Mountains of Montana. Bull. Geol. Soc. Am. 1895, 6, 389—422).

Der Sodalithsyenit der Square Butte, Highwood Mts., Mont., bildet einen kleinen Lakkolithen in Kreide. Die randlichen Partien der Masse, der »Shonkinit«, sind bedeutend basischer als der Syenit und bestehen aus Olivin, Biotit, Pyroxen, Orthoklas, Plagioklas (Anorthoklas, Albit), Nephelin, Sodalith und Cancrinit. Der Augit des Shonkinit, welcher 50 % des Gesteines bildet, erscheint in leicht isolirbaren, grünschwarzen, bis über 1 cm langen Krystallen von der gewöhnlichen Ausbildung, etwas tafelig nach  $a\{100\}$ ; Combination:  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $m\{110\}$  und  $s\{111\}$ , gelegentlich auch  $o\{221\}$ . Nach  $a(100)$  häufig Zwillingbildung. Eine Analyse von Pirsson ergab folgende Resultate:

$SiO_2$	49,42
$TiO_2$	0,55
$Al_2O_3$	4,28
$Fe_2O_3$	2,86
$FeO$	5,56
$MnO$	0,40
$MgO$	13,58
$CaO$	22,35
$Na_2O$	1,04
$K_2O$	0,38
$H_2O$	0,09 (bei 110°)
	<hr/> 100,21

Dies führt auf die Formel  $13Ca(Mg, Fe)Si_2O_6 + 2(Na_2, R)(Al, Fe)_2SiO_6$ .

Ref.: H. S. Washington.

**20. A. J. Moses** (in New York): **Mineralogische Notizen** (Beiträge aus der mineralogischen Abtheilung des »Columbia College«, No. XXI. School of Mines Quaterly 1895, 16, 226—232).

Der Verf. giebt Messungen zweier pyramidalen Krystalle von Zinkit, deren Fundort nicht feststeht, die aber vermuthlich aus den Zinkminen des nördlichen



New Jersey stammen. Während die Krystalle keine exacten Messungen zuließen, waren sie doch genügend, um das Vorkommen zweier Pyramiden festzustellen. Diese sind  $\frac{5}{4}(50\bar{5}4)$ , welche wahrscheinlich mit einer von E. Dana beobachteten übereinstimmt, und  $\frac{4}{5}(40\bar{4}5)$ , welche zuerst von Grosser beobachtet wurde. Die Symbole wurden durch folgende Messungen festgestellt:

	Beobachtet:	Berechnet:
$(50\bar{5}4):(05\bar{5}4)$	$= 54^0 44'$	$54^0 46'$
$(40\bar{4}5):(0004)$	$= 55 \ 40$	$56 \ 47$

Ein Atakamitkrystall von Globe, Arizona, zeigte die Combination:

$$b\{104\}, m\{110\}, s\{120\} \text{ und } e\{041\}.$$

Krystalle von Brechweinstein wurden untersucht, welche zwei verschiedene Spheenoide zeigten, von denen das kleinere eine doppelt so grosse  $c$ -Axe als das grössere hatte, wie sich aus den beobachteten Winkeln ergab:

$$\begin{aligned} p'\{1\bar{1}1\}:p'''\{1\bar{1}1\} &= 64^0 \ 6' \\ \text{und } o\{2\bar{2}1\}:o''\{221\} &= 34 \ 41 \text{ ber. } 34^0 46' \\ m\{110\}:m'''\{110\} &= 92 \ 28 \end{aligned}$$

Das Axenverhältniss ist

$$a:b:c = 0,9578:1:1,1048.$$

Ein sehr schönes, grosses Stück von Enargit aus der »Bell Stow«-Mine, Missoula Co., Montana, wird ebenfalls beschrieben. Der grösste Krystall, welcher  $c\{001\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $m\{110\}$  und  $h\{120\}$  zeigt, misst  $28:24:20$  mm.

Hohle Pseudomorphosen von Quarz nach einem unbekannten Mineral von McDowells Quarry, Montclair, New Jersey. Die Höhlungen sind prismatisch und oft radial von einem Mittelpunkte ausgehend. Die Symmetrie des ursprünglichen Minerals war offenbar monoklin, und angenäherte Messungen ergaben als Prismenwinkel  $64^0 30'$  und circa  $41^0$  als den Winkel von Prisma zu einem Orthodoma (?). Der Verf. bemerkt, dass diese Werthe nicht weit von den Winkeln  $m\{110\}:m\{1\bar{1}0\}$  und  $m\{110\}:t\{201\}$  am Orthoklas entfernt seien, fügt aber bei, dass diese Combination eine ungewöhnliche sei und dass die strahlige Structur gegen diese Anschauung spreche.

Ref.: H. S. Washington.

## 21. W. D. Matthew (in Baltimore): Monazit und Orthoklas vom „South Lyme, Conn.“ (Ebenda 232—234).

Ein grosser Monazitkrystall wird beschrieben und abgebildet, welcher die Combination  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $w\{101\}$ ,  $u\{021\}$ ,  $v\{111\}$  und wahrscheinlich  $z\{311\}$  zeigt. Der Krystall ist infolge des Vorherrschens von  $a$  und  $v$  keilförmig. Der Monazit kommt in einem Pegmatit vor, begleitet von Titanit, Menaccanit, Molybdänit, Biotit, Albit etc. Grosse Orthoklaskrystalle aus den Gängen werden ebenfalls kurz beschrieben.

Ref.: H. S. Washington.

## 22. E. O. Hovey (in New Haven, Conn.): Notizen über einige Mineralien von „Washington Heights, New York City“ (Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 1895, 7, 341—342).

Neue Ausgrabungen im nördlichen Theile von New York City haben Mineralien an's Tageslicht gefördert, welche durch ihre Mannigfaltigkeit und Grösse

bemerkenswerth sind. Sie kommen in den Höhlungen eines Pegmatitganges im Glimmerschiefer vor. Die kurz beschriebenen Exemplare sind: Xenotim in Krystallen bis zu 8 mm Durchmesser und 6 mm Höhe, Monazit und ein grosser, schwarzer Turmalin von 243 mm Länge und 96 mm Querschnitt. Begleitet waren diese von Zirkon, Dumortierit, Torbernit (?), Autunit (?), Apatit, Muscovit und Granat. Ein halber Granatkrystall wurde bemerkt, welcher 23 cm im axialen Querschnitte messen würde, wenn er vollständig wäre. Der Dumortierit kommt nicht nur im Feldspath, sondern auch als Einschluss im Muscovit vor.

Ref.: H. S. Washington.

**23. W. H. Hobbs** (in Madison, Wisc.): **Ein Beitrag zur Mineralogie von Wisconsin** (Bull. Univ. of Wisconsin. Science Series 1895 (1), 4, 109—156).

Der Verf. beschreibt die Krystallformen verschiedener Mineralien von Wisconsin, wozu das Material hauptsächlich aus der Universitätssammlung von Wisconsin stammt. Von diesen sind diejenigen aus dem »Galena Limestone« bereits in dieser Zeitschr. 25, 257 beschrieben.

Quarz von Devil's Lake, in Spalten in Quarzit. Sehr klar und durchsichtig, im Habitus merklich trigonal. Er zeigt die folgenden Formen:  $m\{10\bar{1}0\}$ ,  $r\{10\bar{1}1\}$ ,  $z\{01\bar{1}1\}$ ,  $s\{11\bar{2}1\}$ ,  $s'\{2\bar{1}\bar{1}1\}$ ,  $\pi_4'\{71\bar{8}7\}$  (neu),  $\alpha\{47.0.\bar{4}7.30\}$  (neu).

$\pi_4'$  wurde aus den Winkeln

	Gemessen:	Berechnet:
$s : \pi_4' = 23^\circ 12'$		$23^\circ 15'$
$\pi_4' : z = 5 \ 31$		$5 \ 39$
$\pi_4' : m = 61 \ 12\frac{1}{2}$		$61 \ 13$

bestimmt,  $\alpha$  aus seiner Lage in der Zone  $r : m$  und dem Winkel

$$m : \alpha = 28^\circ 56' \text{ (beob.) } \quad 28^\circ 57' \text{ (ber.)}$$

Arsenopyrit kommt in einem Diabasgange in Marquette, Green Lake Co., vor. Die Krystalle sind von der gewöhnlichen Form,  $m\{110\}$  und  $u\{014\}$ , letztere wie gewöhnlich gestreift.

Calcit von Madison. Kleine Krystalle,  $r\{10\bar{1}0\}$  und  $e\{01\bar{1}2\}$ .

Calcit von Milwaukee in dicken, prismatischen Krystallen, von den Flächen  $p\{18.0.\bar{1}8.1\}$ ,  $e\{1\bar{1}2\}$  und  $v\{21\bar{3}1\}$  begrenzt. Pyrit, Sphalerit, Markasit, Cölestin und Millerit von Milwaukee werden kurz beschrieben.

Ref.: H. S. Washington.

**24. H. A. Wheeler** (in St. Louis): **Neue Beiträge zur Mineralogie von Missouri** (Trans. Acad. Sc. St. Louis 1894, 7, 126—131).

Ungefähr 50 Zusätze zu der Reihe der in Missouri gefundenen Mineralien wurden gemacht, sind aber ausschliesslich von localem Interesse.

Ref.: H. S. Washington.

**25. Derselbe:** **Bemerkung über ein Vorkommen von Blende in Lignit** (Ebenda 123—125).

Das Vorkommen von Blende in Lignit nördlich von St. Louis wird kurz beschrieben, und seine Bedeutung für den Ursprung der Zinklagerstätten von Missouri besprochen.

Ref.: H. S. Washington.

**26. G. P. Merill, Bemerkungen über Asbest und asbestähnliche Mineralien** (Proc. U. S. Nat. Mus. 1895, 18, 284—292, Washington).

Der Verf. hat »Asbest« von einer grossen Anzahl Oertlichkeiten untersucht und legt dar, dass ein beträchtlicher Theil des Minerals, welcher unter diesem Namen geht, in Wirklichkeit Anthophyllit ist, und dass die faserige Structur bei letzterem Mineral wie beim Asbest ihre Ursache oft in einem Scheeren hat. Dass wir keine asbestähnlichen Pyroxene finden, wird dem Umstande zugeschrieben, dass die Mineralien dieser Gruppe Veränderungen unterworfen waren, unter Bedingungen, welche Spannungen bewirkten. Die Asbestform wird als eine stets secundäre, und das ursprüngliche Mineral entweder als ein rhombischer oder monokliner Pyroxen, oder vielleicht als ein Amphibol angesehen. Eine grosse Zahl neuer Analysen werden angegeben.

Ref.: H. S. Washington.

**27. Derselbe: Der Onyx-Marmor** (Rep. U. S. Nat. Mus. für 1893, 539—585, Washington 1895).

Geschichte, Vorkommen, Ursprung, Zusammensetzung und Verwendung des Onyx-Marmors sind in vollständiger und erschöpfender Weise behandelt und durch viele Tafeln veranschaulicht. Ein Tabelle zeigt die Zusammensetzung, das spec. Gewicht und andere Eigenschaften vieler Varietäten. Es wird gezeigt, dass der Onyx-Marmor in fast allen Fällen nicht, wie man gewöhnlich annimmt, aus Aragonit, sondern aus Calcit besteht.

Ref.: H. S. Washington.

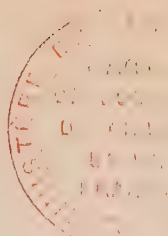
**28. G. O. Smith** (in Baltimore, Nd.): **Ueber Krystalle von Skapolith, Gyps und Fayalit** (Johns Hopkins Univ. Circ. 1894, Nr. 112).

Skapolith aus einer alten Apatitgrube am Erl Lake bei Kingston, Ontario (Canada). Zwei ungewöhnlich grosse Krystalle, von denen einer allerdings eine »Verbesserung« der Flächen durch Schleifen erfahren hatte, waren 1893 in Chicago ausgestellt und wurden für die Universitätssammlung in Baltimore erworben. Dieselben zeigen die Comb. {100}, {110}, {210}, {111}, {101}, {331}, {131}; und zwar sind an dem einen sechs Flächen von {131}, derselben tetragonalen Pyramide angehörig, und eine Fläche von {210} entwickelt, während der andere die tetragonale Pyramide und das zugehörige Prisma dritter Art vollzählig, von der entgegengesetzten tetragonalen Pyramide {311} dagegen nur eine Fläche zeigt.

Gyps von South Wash, Utah (s. diese Zeitschr. 26, 603). An einem Krystalle wurde beobachtet: {110}, {470}, {420}, {010}, {250}, {340}, {001}, {111}, {103}, von denen {340} wohl mit der von Moses als {450} bestimmten Form identisch ist, während die Messungen des Verf.'s mehr für das erste Zeichen sprechen.

Fayalitschlacke (30,10 SiO<sub>2</sub>, 68,43 FeO, 0,57 CaO, 0,13 MgO) der bekannten Form lieferte die Werthe: (110) : (110) = 49° 42', (021) : (021) = 98° 49'.

Ref.: P. Groth:



## XX. Ueber die Löslichkeit von Mischkrystallen und die Grösse des Krystallmoleküls.

Von

A. Fock in Berlin.

(Mit 15 Textfiguren.)

### I. Einleitung.

Nach der von van't Hoff aufgestellten Theorie der festen Lösungen hat man in den isomorphen Mischungen, ebenso wie in den flüssigen Lösungen, Gemenge zu erblicken, welche sich in jedem Punkte sowohl physikalisch als chemisch völlig homogen verhalten.

Die Mischung der Componenten erstreckt sich also bei ihnen — um es noch näher zu präcisiren — bis auf die eigentlichen Moleküle, während bei den gewöhnlichen Mischungen, wie Emulsionen, Pulvern etc., diese äusserste Grenze der Vermengung nicht erreicht wird.

Macht man nun diese Annahme, so lässt sich durch Anwendung des thermodynamischen Potentials zeigen — wie zuerst von Bakhuis-Roozeboom<sup>1)</sup> geschehen —, dass im Gleichgewichtszustande bei constantem Druck und constanter Temperatur jeder bestimmten Zusammensetzung der Mischkrystalle auch ganz bestimmte Concentrationen der beiden Componenten in der flüssigen Lösung entsprechen müssen.

Des Weiteren ergibt sich dann noch — in Verfolgung der Analogie zwischen festen und flüssigen Lösungen, bezw. unter Anwendung des Nernst'schen Vertheilungssatzes —, dass in allen den Fällen, in welchen ein Stoff in beiden Zuständen dieselbe Molekulargrösse besitzt, zwischen den Concentrationen dieses Stoffes in den Mischkrystallen und in der gesättigten flüssigen Lösung ein constantes, von der Concentration selbst unabhängiges Verhältniss zu erwarten steht.

Bezeichnen also  $c_1$  und  $c_2$  die Concentrationen zweier isomorpher Salze in der gemeinsamen flüssigen Lösung, d. i. die Anzahl der Moleküle bezw.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. phys. Chem. 1894, 8, 504. Ref. in dieser Zeitschr. 22, 602.



mg-Moleküle in der Volumeinheit, und bezeichnen ebenso  $x_1$  und  $x_2$  die betreffenden Concentrationen oder Molekularprocente in den Mischkrystallen, so müssen gemäss der obigen Folgerung die Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  und  $\frac{c_2}{x_2}$  sich allgemein als constant erweisen.

Ist dagegen die Molekulargrösse in der festen und in der flüssigen Lösung nicht die gleiche, so müssen natürlich andere Verhältnisse obwalten. Durch Anwendung des Gesetzes der Massenwirkung gelangen wir dann für den Fall, dass das Molekül in der festen Lösung  $n$ -mal grösser ist als in der flüssigen, zu dem Schlusse, dass die Quotienten  $\frac{c_1}{\sqrt[n]{x_1}}$ ,  $\frac{c_2}{\sqrt[n]{x_2}}$  bzw.  $\frac{c_1^n}{x_1}$ ,  $\frac{c_2^n}{x_2}$

jene Constanz zeigen müssen. Der Fall, dass die Moleküle im krystallisirten Zustande kleiner sind, als in dem der flüssigen Lösung, darf wohl als höchst unwahrscheinlich ausser Betracht gelassen werden; übrigens würden sich die Verhältnisse dann auch nicht complicirter gestalten, es müsste nur von den Quotienten  $\frac{c_1}{x_1^n}$  und  $\frac{c_2}{x_2^n}$  etc. Constanz verlangt werden.

Die für die Molekulargrösse fester Körper maassgebenden Beziehungen sind also bis dahin ganz einfacher Natur; es bleibt indessen zu bemerken, dass eine strenge Gültigkeit dieser Beziehungen von vornherein nur für die sogenannten verdünnten Lösungen zu erwarten ist. Auf die concentrirten Lösungen lassen sich ja die Gasgesetze nur unvollkommen anwenden, und dem entsprechend können hier die hergeleiteten Verhältnisse auch wohl nur angenähert Verwirklichung finden. Aber auch die verdünnten Lösungen bieten zumeist nicht die einfachen Verhältnisse dar, die man nach den obigen Erörterungen erwarten sollte. Es rührt das daher, dass man es hier auf diesem Gebiete in der Regel mit wässrigen Salzlösungen zu thun hat, und in diesen sind ja die chemischen Moleküle zumeist noch in die Ionen gespalten; dadurch entsteht dann eine wesentliche Complication. Die oben hergeleiteten Beziehungen gelten alsdann natürlich nur für eine bestimmte Molekulgattung.

Haben wir z. B. binäre Electrolyten vor uns, und bezeichnet  $\gamma$  den Dissociationscoefficienten der gesättigten Lösung, so gilt für den nicht dissociirten Antheil die Forderung  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1} = \text{const.}$ , d. h. vorausgesetzt, dass die Molekulargrösse im festen Zustande ebenfalls der einfachen chemischen Formel entspricht. Ist der Dissociationscoefficient aber nicht bekannt, so lässt sich natürlich auch keine exacte Prüfung dieser Forderung durchführen.

Wie aber der Verf. bereits früher<sup>1)</sup> hervorgehoben hat, ist dies unter gewissen Umständen dennoch möglich, nämlich dann, wenn sich der Satz von

1) Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2735.

Nernst<sup>1)</sup> anwenden lässt, nach welchem in einer gemeinsamen Lösung zweier Elektrolyte mit einem gleichen Jon die beiden Dissociationscoëfficienten einander gleich und gleich demjenigen der Gesamtconcentration sind. Aendert sich also die Gesamtconcentration nicht, so kann sich auch die Dissociation nicht ändern, und unter diesen Verhältnissen muss natürlich  $\frac{c_1}{x_1}$  ebenso zur Constanten werden wie  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1}$ . Erleidet dagegen die

Gesamtconcentration eine Veränderung, so muss auch  $\frac{c_1}{x_1}$  sich ändern, und diese Aenderung lässt sich auch dem Sinne nach festlegen, ohne dass man die Dissociation selbst genauer kennt. Die Beziehungen zwischen der Dissociation und der Gesamtconcentration sind ja gegeben durch die bekannte Gleichung

$$c(1-\gamma) = kc^2\gamma^2,$$

welche schliesslich nichts anderes darstellt, als das Gesetz der Massenwirkung, und in welcher  $c$  die räumliche Concentration,  $\gamma$  den Dissociationsgrad und  $k$  die allgemeine Gleichgewichtsconstante bezeichnet. Durch die nähere Discussion dieser Gleichung lässt sich leicht zeigen, dass die Dissociation allgemein mit zunehmender Concentration abnimmt, und dieser Schluss wird ja auch durch die Erfahrung vielfach bestätigt.

Betrachten wir nun unter Berücksichtigung dieses Resultates vergleichsweise die beiden Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  und  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1}$ , welche bei constanter Dissociation bzw. bei constanter Gesamtconcentration beide constant sein sollen, so ergibt sich ohne Weiteres, dass unabhängig von der absoluten Grösse der Dissociation  $\gamma$  allgemein, sobald die Gesamtconcentration zunimmt und dementsprechend  $\gamma$  abnimmt, der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  sich in dem Sinne ändern muss, dass er eine Zunahme erleidet; und umgekehrt, nimmt die Gesamtconcentration ab, so muss der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  ebenfalls eine Abnahme erleiden. Damit haben wir so zu sagen einen Probirstein gewonnen, mit welchem es möglich ist, in den einzelnen Fällen zu entscheiden, ob die Abweichungen eines Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  etc. von der Constanz durch Veränderungen der Dissociation erklärt werden können.

Die vorstehenden Erörterungen lassen indessen wohl noch einen Einwurf zu, welcher von den Forschern, die sich bisher mit dem Gegenstande befasst haben, nicht beachtet worden ist. Man kann nämlich die Frage aufwerfen: erleiden nicht die für den nichtdissociirten Antheil hergeleiteten Be-

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 1889, 4, 384.

ziehungen eine Störung durch den dissociirten Antheil, bezw. können wir nicht für den dissociirten Antheil mit gleichem Rechte die Forderung  $\frac{c_1^2 \gamma^2}{x_1}$  oder  $\frac{c_1 \gamma}{\sqrt{x_1}} = \text{const.}$  aufstellen?

Thun wir das letztere, so gelangen wir für den Fall, dass die Gesamtconcentration, also  $\gamma$ , constant ist, zur Forderung, dass auch  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  constant sein muss. Ein solcher Schluss ist aber natürlich mit der obigen Forderung für den nichtdissociirten Antheil  $\frac{c_1}{x_1} = \text{const.}$  gänzlich unvereinbar, wir gerathen also auf diesem Wege in ein Dilemma.

Die hier zu Grunde liegende Frage ist schliesslich schon von Noyes<sup>1)</sup> angeschnitten worden, indem er erörterte, ob für die Sättigung eines Salzes der dissociirte oder der nichtdissociirte Antheil desselben maassgebend sei. Noyes hält diese Frage für unlösbar, er sagt: es giebt »kein Mittel, um zu entscheiden«, spricht aber dann seine Meinung dahin aus, dass für die Sättigung schliesslich wohl beide Antheile in Betracht kommen.

Machen wir aber diese Annahme, so darf allgemein für binäre Elektrolyten weder der Quotient  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1}$  noch der Quotient  $\frac{c_1 \gamma}{\sqrt{x_1}}$  constant sein, sondern nur die Summe beider, wir gelangen dann also zu Forderung:

$$\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1} + \frac{c_1 \gamma}{\sqrt{x_1}} = \frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1} = \text{const.}$$

Discutiren wir nun diese Gleichung etwas näher, so ergibt sich:

1) Ist  $\gamma$  klein (wenige Procent) so wird die Grösse  $\gamma(\sqrt{x_1} - 1)$  von sehr geringem Einflusse auf den Gesamtausdruck, d. h. bei schwacher Dissociation wird annähernd ebenso wie bei keiner Dissociation der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  constant sein.

2) Ist  $\gamma$  gross (fast gleich 1), so heben sich  $+c_1$  und  $-c_1 \gamma$  fort, und es bleibt nur übrig  $\frac{c_1 \gamma \sqrt{x_1}}{x_1} = \frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  d. h. bei sehr starker Dissociation wird annähernd wie bei völliger Dissociation der Quotient  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  constant sein.

3) Ist  $\gamma$  constant, erleidet also die Gesamtconcentration keine Veränderung, so kann weder  $\frac{c_1}{x_1}$  noch  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  constant sein; es muss vielmehr

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 1893, **12**, 462.

dann mit wachsendem  $c_1$  und  $x_1$  der erstere Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  abnehmen, der letztere dagegen zunehmen, und zwar muss das für den einen oder anderen Quotienten in desto höherem Grade der Fall sein, je nachdem der Dissoziationsgrad grösser oder geringer ist.

4) Nimmt  $\gamma$  zu, wird also die Gesamtconcentration geringer, so wird auch im Allgemeinen die Grösse  $\frac{\gamma(\sqrt{x_1} - 1)}{x_1}$ , welche in dem Gesamtausdruck zu  $\frac{c_1}{x_1}$  hinzuaddirt wird, zunehmen, d. h. bei abnehmender Gesamtconcentration muss der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  mit wachsendem  $c_1$  und  $x_1$  in gesteigerter Weise abnehmen, während die Zunahme des Quotienten  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  eine Verzögerung erleidet.

5) Nimmt  $\gamma$  ab, so wird auch im Allgemeinen die Grösse  $\frac{\gamma(\sqrt{x_1} - 1)}{x_1}$  abnehmen, d. h. der Unterschied zwischen den Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  und  $\frac{c_1 [1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  wird geringer. Bei wachsender Gesamtconcentration wird also die Abnahme der Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  mit steigendem  $c_1$  und  $x_1$  eine Verringerung erleiden, bezw. es kann sich vielleicht unter Umständen eine Constanz oder ein relatives Maximum bezw. Minimum dieses Quotienten herausbilden.

Damit dürften die Verhältnisse klargestellt sein, welche unter der Annahme, dass der Quotient  $\frac{c_1 [1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  der maassgebende ist, sich erwarten lassen. Ob aber diese Annahme die richtige ist oder jene von Roozeboom, nach welcher die Constanz des Quotienten  $\frac{c_1 (1 - \gamma)}{x_1}$  gefordert wird, mag zunächst noch dahin gestellt werden. Zwar liesse sich wohl auch auf theoretischem Wege bezw. durch Analogieschlüsse<sup>1)</sup> eine Entscheidung herbeiführen, aber die letzte und sicherste Instanz bildet schliesslich doch immer das Experiment.

Bei den bisherigen Betrachtungen ist nun der Einfluss der Temperatur ganz unberücksichtigt geblieben, oder mit anderen Worten, es hat sich überall nur um die Discussion der Isotherme gehandelt. Will man auch den Einfluss der Temperatur und dessen Bedeutung für die Lösung der

1) Vergl. die allgemeinen Betrachtungen am Schlusse dieser Abhandlung.



vorliegenden Frage in Betracht ziehen, so muss man an die bekannte Gleichung

$$\frac{\partial \ln k}{\partial T} = \frac{q}{RT^2}$$

anknüpfen, in der  $q$  eine mit der Temperatur selbst in geringem Grade variable Wärmemenge,  $T$  die absolute Temperatur,  $R$  die Gasconstante und  $k$  diejenige Constante bezeichnet, welche den betreffenden Vorgang regelt. Durch bestimmte Integration geht diese Gleichung über in:

$$\ln k_2 - \ln k_1 = \ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{q}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right),$$

und in dieser Form findet sie die meiste Anwendung.

Um den Einfluss der Temperatur auf die oben besprochenen Verhältnisse und speciell die maassgebenden Quotienten vollständig in Rechnung zu stellen, hat man jene Gleichung sogar zweimal in Ansatz zu bringen.

Zunächst erleiden die bisher erörterten isothermen Beziehungen insofern durch die Temperatur eine Veränderung, als die Löslichkeit der Körper und somit die Concentration  $c$  sich mit der Temperatur ändert. Diese Aenderung der Löslichkeit steht aber in gesetzmässiger Beziehung zur Lösungswärme, sie wird gegeben durch die Gleichung:

$$\ln c_2 - \ln c_1 = \frac{q}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right),$$

wo  $c_2$  und  $c_1$  die räumlichen Concentrationen bei den Temperaturen  $T_2$  und  $T_1$  und  $q$  die Lösungswärme bedeutet.

Zum zweiten Male macht die Temperatur ihren Einfluss geltend, wenn wir speciell noch die Dissociation ins Auge fassen; auch sie wird durch die Temperatur geändert, und der gesetzmässige Zusammenhang ist wiederum gegeben durch die Gleichung

$$\ln k_2 - \ln k_1 = \frac{q}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right),$$

wo  $k_1$  und  $k_2$  die Dissociationsconstanten bei den Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  und  $q$  die Dissociationswärme bezeichnet.

Beide Einflüsse sind aber wiederum insofern nicht ganz unabhängig von einander, als mit veränderter Löslichkeit auch die Dissociation eine Veränderung erleidet. Im Uebrigen aber können diese Einwirkungen der Temperatur auf die maassgebenden Quotienten bald in demselben, bald in entgegengesetztem Sinne zur Geltung gelangen. Ob das eine oder andere stattfindet, wird nur davon abhängen, ob sich Löslichkeit und Dissociation beide in demselben Sinne oder in verschiedenem Sinne mit der Temperatur ändern, bezw. ob die entsprechenden Lösungs- und Dissociationswärmen das gleiche oder verschiedenes Vorzeichen haben. Ist die Lösungswärme eines Körpers im Sättigungszustande gleich Null, so verändert sich die Löslichkeit überhaupt nicht mit der Temperatur, und ist sie gering, so ist auch

die Aenderung der Löslichkeit gering, und gleiche Verhältnisse gelten hinsichtlich der Dissociation.

Allgemein giebt also die Grösse der Lösungs- bzw. der Dissociationswärme einen Anhalt dafür, wie weit ein Temperaturfehler die strengen Beziehungen der Isotherme zu stören vermag.

Schliesslich mag noch darauf hingewiesen werden, dass die obige Formel auch dazu dienen kann, die Lösungswärme des festen Lösungsmittels bzw. die Wärmetönung beim Uebergange des gelösten Körpers von der flüssigen in die feste Phase zu berechnen. Man hat zu diesem Ende nur die Aenderungen der constanten Theilungscoefficienten zwischen der festen und flüssigen Lösung mit der Temperatur zu ermitteln.

Ueberblickt man nun die vorangehenden Erörterungen, so erkennt man leicht, dass die geforderten Beziehungen ihre Complication eigentlich erst durch die Dissociation erhalten, und deshalb sollen hier auch noch einige Worte über die Methoden zur Bestimmung derselben Platz finden.

Die Dissociation wird gewöhnlich durch die Ermittlung des electrolitischen Leitungsvermögens bestimmt. Diese Methode eignet sich aber nur für verdünnte Lösungen.

Eine zweite Methode der Dissociationsbestimmung rührt von Noyes her; sie basirt auf dem von Nernst aufgestellten Löslichkeitsgesetze, in Sonderheit auf den beiden Sätzen:

1. In einer gesättigten Lösung eines theilweise dissociirten Stoffes bleibt der nichtdissociirte Antheil ungeändert, auch wenn ein anderer dissociirter Stoff hinzugefügt wird.
2. Das Product der activen Massen der Dissociationsproducte des Stoffes, womit die Lösung gesättigt ist, bleibt ebenfalls constant.

Bezeichnet also:

- $c_0$  die Löslichkeit ohne Zusatz des zweiten Stoffes
- $c$  - - - nach dem Zusatze des zweiten Stoffes
- $\gamma_0$  die Dissociation vor dem Zusatze des zweiten Stoffes
- $\gamma_1$  - - - nach dem Zusatze des zweiten Stoffes
- $x$  die Menge des zugesetzten zweiten Stoffes,

so gelangen wir unter Beachtung des Satzes, dass die Dissociation zweier Stoffe mit gleichnamigem Ion die gleiche ist, zu den beiden Gleichungen:

$$\begin{array}{ll} \text{I.} & c_0(1 - \gamma_0) = c(1 - \gamma), \\ \text{II.} & (c_0 \gamma_0)^2 = c\gamma(c\gamma + x\gamma). \end{array}$$

Durch Combination derselben ergibt sich dann

$$\text{III.} \quad \gamma = \frac{c_0 - c_1}{x} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{x}{c}} \right)$$

wo  $\gamma$  — was wohl zu beachten — nicht die Dissociation in der reinen Salzlösung, sondern diejenige in der gemischten Lösung bedeutet.

Hiernach könnte man nun leicht vermuthen, dass durch die Bestimmung der Löslichkeit von Mischkrystallen selbst die Mittel geliefert würden, um die Dissociation zu berechnen. Indessen die Gültigkeit der beiden obigen Sätze ist an zwei Bedingungen geknüpft. Es darf der Zusatz des zweiten Stoffes nicht so gross noch von solcher Beschaffenheit sein, dass dadurch das Lösungsmittel eine merkliche Veränderung erleidet, und es darf ferner keine chemische Einwirkung zwischen den beiden Stoffen stattfinden. In der isomorphen Mischbarkeit hat man aber wohl eine solche chemische Einwirkung zu erblicken, und demgemäss ist hier die Berechnung der Dissociation nicht möglich.

Ein dritter Weg zur Ermittlung der Dissociation kann schliesslich wohl noch mit Hülfe der Lösungswärme gebahnt werden.

Die Lösungswärme eines Salzes lässt sich ja allgemein nach der bekannten Formel

$$\ln \frac{c_2}{c_1} = \frac{q}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

berechnen, wo  $c_1$  und  $c_2$  die räumlichen Concentrationen bei den Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$ ,  $R$  die Gasconstante und  $q$  die gesuchte Lösungswärme bezeichnet. Die beobachteten und berechneten Werthe können aber natürlich nur dann übereinstimmen, wenn die Molekulargrösse in der Lösung die normale ist. Sind die Moleküle theilweise dissociirt, so muss eine Differenz auftreten, und aus der Grösse dieser Differenz lässt sich dann auf den Grad der Dissociation schliessen; in exacter Weise freilich nur dann, wenn gleichzeitig auch die Dissociationswärme genau bekannt ist, aber auch so dürfte sich auf diesem Wege — namentlich da, wo es sich um Moleküle handelt, die in mehr als zwei Ionen zerfallen — mancher schätzbare Anhalt gewinnen lassen.

Eine gesonderte Besprechung wird schliesslich noch für die Doppelsalze sowie die krystallwasserhaltigen Verbindungen nothwendig. Was zunächst die Doppelsalze anbetrifft, so wird jetzt wohl — abgesehen von den Doppelcyaniden etc. — allgemein zugegeben, dass sie in der verdünnten wässrigen Lösung vollständig in ihre Componenten zerfallen. Bei ihnen

dürften also niemals die einfachen Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  bzw.  $\frac{c_2}{x_2}$  sich als constant erweisen, wenigstens dann nicht, wenn, wie üblich, das Molekül im festen Zustande als der einfachsten ganzzahligen chemischen Formel angenommen wird. Zerfällt z. B. das Doppelsalz in der wässrigen Lösung in  $n$  Moleküle, so ist abgesehen von der Dissociation zu fordern, dass die Quotienten  $\frac{c_1^n}{x_1}$  bzw.  $\frac{c_1}{\sqrt[n]{x_1}}$  etc. constant sind, und zwar ganz unabhängig

davon, ob das Doppelsalz in unter sich gleichartige Moleküle zerfällt oder in verschiedenartige.

Bei Beurtheilung der hier vorliegenden Verhältnisse darf aber nicht vergessen werden, dass die bisher bei dieser Körperklasse angenommenen Molekülcomplexe in letzter Instanz nichts anderes sind als Phantasiegebilde; für die Annahme der Molekulargrösse im festen Zustande fehlte es an jeder experimentellen Grundlage — denn die A v o g a d r o'sche Regel beschränkt sich ja auf den gasförmigen sowie den Lösungs-Zustand. Man befindet sich also hier so zu sagen auf einem völlig neuen Gebiete und hat somit auch hinsichtlich der Festsetzung der Molekulargrösse gänzlich freie Hand.

Einige Sonderheiten sind dann noch bei den krystallwasserhaltigen Verbindungen zu beachten. Zwar wird auch hier — abgesehen von dem sogenannten Constitutionswasser — der Zerfall dieser Körper in der Lösung jetzt wohl allgemein angenommen; aber wenn sich das Krystallwasser von dem Salz-molekül getrennt hat, so kann es sich natürlich nicht mehr von dem Lösungswasser unterscheiden, d. h. die Concentration des Krystallwassers wird gleich derjenigen des Lösungswassers, also im Vergleich zu den übrigen Concentrationen so zu sagen unendlich gross.

Von Nernst<sup>1)</sup> ist hieraus schon der sehr wichtige Schluss gezogen worden, dass die active Masse des Lösungswassers nahezu constant bezw. dem Dampfdrucke proportional ist, und dass eventuell, bei partieller Abspaltung der Krystallwassermoleküle, der hydratisirte Bruchtheil von der Concentration der Lösung unabhängig sein muss. Analog liegen die Verhältnisse auch hier, wir gelangen — abgesehen von der elektrolytischen Dissociation — zu der scheinbar etwas auffälligen Forderung  $\frac{c^n \infty^m}{x_1} = \text{const.}$ , wo  $\infty$

die Concentration des Wassers,  $n$  die Anzahl der Salz-moleküle, und  $m$  die Anzahl der Krystallwassermoleküle bezeichnet. Es ist aber zu beachten, dass das  $\infty$ -Zeichen nur andeutet, die Anzahl der Wassermoleküle sei relativ sehr gross im Vergleiche zu den Salz-molekülen; absolut genommen nähert sich ja die Concentration, wenn die Moleküle den Raum völlig ausfüllen, — ebenso wie in den Mischkrystallen — der Einheit. Es wird also angenähert  $\frac{c^n \infty^m}{x_1} = \frac{c^n 1^m}{x_1} = \frac{c^n}{x_1} = \text{const.}$ , d. h. es gilt hier ebenfalls der Satz, dass die active Masse des Wassers nahezu constant bezw. dem Dampfdrucke proportional ist.

## II. Allgemeine Beschreibung der Versuche.

### 1. Anordnung der Versuche.

Die Anordnung der Versuche ist nicht in allen Fällen die gleiche gewesen. Die gemachten Erfahrungen sowie ein eingehenderes Studium der Fehlerquellen haben im Laufe der Zeit mancherlei Abänderungen veranlasst.

1) Theoretische Chemie. Stuttgart 1893, S. 370.



Bei den ersten Versuchen, welche einen mehr provisorischen Charakter trugen, war zum Theil auch der Wunsch nach einer möglichst schnellen Orientirung auf diesem Gebiete mit maassgebend. Ausserdem kam in Betracht, dass die geforderte Genauigkeit nicht überall die gleiche ist. Bei den Doppelsalzen sowie den krystallwasserhaltigen Verbindungen vereinfacht sich die Aufgabe; die Versuche können hier von geringerer Genauigkeit sein und lassen doch mit grösserer Sicherheit auf die fraglichen Beziehungen schliessen.

Im Wesentlichen wurde im Laufe der Zeit nach drei verschiedenen Methoden gearbeitet.

Bei der ersten und einfachsten Methode wurden die Mischkrystalle durch langsames Verdunsten der gemeinsamen Lösung beider Salze erzielt. Die Abscheidung erfolgte in einem Kellerraum von annähernd constanter Temperatur, und die Lösung wurde täglich verschiedentlich umgerührt, um die Ausbildung einer Schichtung zu verhindern. Für die Herstellung des Gleichgewichtes zwischen der flüssigen und festen Lösung wird dadurch wohl genügend Sicherheit geboten. Die Methode hat aber einige wesentliche Nachtheile. Vor allem erfordert die Herstellung der Mischkrystalle viel Zeit, falls man nicht mit mehreren Lösungen gleichzeitig operirt. In letzterem Falle werden aber grosse Mengen von Material erforderlich, denn die einzelne Lösung darf nicht zu geringe Mengen Substanz enthalten, da sonst die Zusammensetzung der Lösung während des Abscheidens der Mischkrystalle eine merkliche Veränderung erleidet, und somit eine neue Fehlerquelle entstehen würde.

Die grösste Fehlerquelle bei dieser Methode bestand wohl hinsichtlich der Concentrationsbestimmung der flüssigen Lösung, denn die Temperatur des Kellers zeigte bisweilen Schwankungen bis zu zwei und drei Grad. Es wurde deshalb auch in diesen Fällen nicht die eigentliche räumliche Concentration berechnet, sondern nur die Anzahl der Salzmoleküle auf hundert Moleküle Wasser. Dass man auch mit dieser Grösse zu sicheren Schlüssen in der vorliegenden Frage gelangen kann, dürfte schon a priori verständlich erscheinen, durch die beschriebenen Versuchsreihen wird es indessen auch vollständig erhärtet. Durch die Wahl dieser Grösse spart man überdies eine andere Mühewaltung, es wird dann natürlich die Dichtebestimmung der Lösung überflüssig.

Ein Vorzug dieser ersten Methode besteht schliesslich noch darin, dass man meist grosse Mischkrystalle erhält, und diese lassen sich leichter und sicherer von der Mutterlauge trennen, als kleinere Individuen. Andererseits zeigen grössere Krystalle aber auch leicht Flüssigkeitseinschlüsse, welche selbst durch Pulverisiren nicht gut unschädlich gemacht werden können. Indessen sind diese Fehlerquellen so gering, dass sie bei der hier erreichbaren Genauigkeit nicht ernstlich in Betracht kommen.

Die zweite Methode unterscheidet sich von der ersten wesentlich nur dadurch, dass die Verdunstung der gemischten Lösung nicht in einem Kellerraume, sondern in einem Ostwald'schen Thermostaten bei der constanten Temperatur von  $30^{\circ}$  erfolgte. Unter diesen Verhältnissen vermeidet man einerseits die Unsicherheit in der Ermittlung der Concentration der flüssigen Lösung, und andererseits beansprucht auch die Herstellung der Mischkrystalle weit weniger Zeit. Aber auch bei diesem Verfahren zeigen sich noch manche Uebelstände, und in erster Linie ist dahin zu zählen, dass der Thermostat auch während der Nacht functioniren muss, und das dürfte mit mancherlei Störungen verbunden sein.

Jedenfalls aber konnte ich auch auf diesem Wege nicht die gewünschte Genauigkeit in der Bestimmung der Concentration der flüssigen Lösung erreichen, und deshalb liess ich es auch hier im Allgemeinen bei der Berechnung der Anzahl Salzmoleküle auf hundert Moleküle Wasser etc. bewenden.

Bei der dritten Methode wurde nach Maassgabe der gesammelten Erfahrungen noch mehr Gewicht auf die Bestimmung der Concentration der flüssigen Lösung gelegt. Nach ihr ist die Mehrzahl der Untersuchungsreihen durchgeführt worden, und es soll hier deshalb auch eine eingehendere Schilderung des Verfahrens folgen.

Die Herstellung der Mischkrystalle wurde in der Weise bewirkt, dass zunächst eine bei  $25^{\circ}$  gesättigte Lösung der einen Componente hergestellt wurde. Löst man sodann hierin unter Erwärmen noch etwas von der zweiten Componente auf, so scheidet sich nach dem Abkühlen auf  $25^{\circ}$  alsbald eine genügende Menge der Mischkrystalle ab. Während des Abscheidens derselben empfiehlt es sich, die Lösung häufig bezw. dauernd umzurühren, da dadurch die Herstellung des Gleichgewichtes wesentlich befördert wird. Die erhaltenen Mischkrystalle — meist 5–6 g — wurden sodann aus der Lösung herausgenommen und für den Fall, dass sie nicht mikroskopisch klein, noch in einem Mörser pulverisirt; die restirende Lösung aber wurde unter Zusatz der zweiten Componente zur Herstellung weiterer Mischkrystalle verwendet.

Die pulverisirten bezw. mikroskopisch kleinen Mischkrystalle wurden mit etwa 30 ccm der Lösung in einen Kolben von ca.  $\frac{1}{10}$  Liter Inhalt übergespült, und dieser sodann an einen Schüttelapparat befestigt und längere Zeit geschüttelt. Der Kolben tauchte dabei — abgesehen von dem Halse — in ein Wasserbad, welches durch einen Ostwald'schen Thermoregulator auf der constanten Temperatur von  $25^{\circ}$  gehalten wurde, und in dem Schwankungen über  $\frac{1}{10}$  Grad so gut wie nicht vorkamen. Nach mehrstündigem Schütteln der Kolben hatte sich regelmässig ein vollständiges Gleichgewicht herausgebildet, die Concentration der Lösung blieb sodann constant. Im Allgemeinen wurde nach vierstündigem Schütteln zunächst eine Dichtebestimmung der Lösung ausgeführt. Ohne den Kolben aus dem

Wasserbade herauszunehmen, wurde vermittelt eines Hebers durch Ansaugen ein kleines Sprengel'sches Pyknometer von ca. 43 ccm Inhalt gefüllt und dann sofort in das constante Wasserbad getaucht behufs Einstellung auf die Marke. Die so erhaltenen Dichtebestimmungen sind bis zur vierten Decimale sicher; es ist das eigentlich eine unnöthige Genauigkeit, indessen liess sie sich hier so zu sagen ohne gesteigerten Aufwand von Mühe erreichen.

Der Inhalt des Pyknometers wurde zumeist weiter zur Analyse benutzt, d. h. zunächst in ein gewogenes Gefäss gethan, sodann abgedampft, getrocknet und jedesmal gewogen und schliesslich der Rückstand analysirt.

Nachdem so die vollständige Concentrationsbestimmung der flüssigen Lösung in die Wege geleitet war, wurde dann der Kolben aus dem Wasserbade entfernt, die restirende Lösung abgegossen und das Krystallpulver auf Fliesspapier geschleudert und abgepresst. Hierbei wurde mit grösstmöglicher Schnelligkeit operirt, um die anhaftende flüssige Lösung möglichst zu beseitigen, denn ohne Frage liegt hier eine Hauptfehlerquelle vor und zumal dann, wenn die Zusammensetzung der Lösung von derjenigen der Mischkrystalle stark differirt; freilich könnte man diese Fehlerquelle wohl dadurch verringern, dass man nicht mit Krystallpulver, sondern mit grösseren Individuen operirt, aber dann tritt eine gefährlichere Fehlerquelle auf.

Die Herstellung des Gleichgewichtes zwischen der Zusammensetzung der Krystalle und derjenigen der Lösung wird nämlich unter diesen Verhältnissen sehr erschwert, und man müsste tage- ja wochenlang schütteln, um nach der Richtung hin vollkommen gesichert zu sein. Der eingeschlagene Weg führt wenigstens nach meinen Erfahrungen am schnellsten und bequemsten zum Ziele, und in dieser Weise wurde bei allen den Salzpaairen gearbeitet, bei denen sich keine besondere Beschreibung des Verfahrens findet.

Wenn dennoch die Uebereinstimmung und Genauigkeit der Resultate so viel zu wünschen übrig lässt, so kann die Ursache in den bisher in Betracht gezogenen Fehlerquellen allein wohl kaum liegen. Aber es kommen schliesslich ja noch eine Reihe anderer Verhältnisse in Betracht, welche störend einwirken können. Die Bestimmung der Löslichkeit eines einzelnen Salzes ist überhaupt schon eine recht schwierige Aufgabe, und wenn man die in der Literatur vorliegenden Angaben in dieser Hinsicht vergleichsweise betrachtet, so wird man gewiss über die ungewöhnlich grossen Differenzen in den Resultaten verschiedener Forscher erstaunen. Zu einem guten Theile mag an den Differenzen die Unreinheit der Salze selbst Schuld sein, aber die Reinheit und der Luftgehalt des Lösungswassers dürfte auch nicht ganz ausser Betracht kommen.

Ebensosehr muss wohl der Umstand ins Gewicht fallen, dass das ge-



wöhnliche Glas von Salzlösungen stark angegriffen wird, und namentlich dann, wenn ein längeres Erwärmen oder Schütteln stattfindet.

Hätte ich eine noch grössere Genauigkeit als die vorliegende erreichen wollen, so wäre es nach meiner Ansicht erforderlich geworden:

- 1) Die käuflich reinen Verbindungen noch einem weiteren Reinigungsverfahren zu unterwerfen;
- 2) anstatt mit gewöhnlichen Glasgefässen mit solchen von Porzellan, Hartglas etc. zu arbeiten;
- 3) das zu den Lösungsversuchen verwendete destillirte Wasser jedesmal sorgfältig zu prüfen bzw. einer nochmaligen Destillation zu unterwerfen;
- 4) auf die Herstellung der Mischkrystalle sowie das Schütteln der Lösungen noch weit längere Zeit zu verwenden;
- 5) mit noch weit grösseren Mengen von Salzlösungen zu arbeiten.

Unter diesen Verhältnissen wäre es mir in Ansehung dessen, was ich an Hilfsmitteln und Zeit zur Verfügung hatte, nicht mehr möglich gewesen, die Aufgabe durchzuführen. Und wenn auch in dem einen oder anderen Falle einzelne der oben formulirten Anforderungen sich als übertrieben und überflüssig erwiesen hätten, von vornherein, ohne ein näheres Fehlerstudium hätte es kaum geschehen dürfen. Ich sah mich daher gezwungen, es bei dem geschilderten Untersuchungsverfahren bewenden zu lassen.

## 2. Berechnung der Versuche.

Die Berechnung der Versuche stellt einen nicht geringen Antheil der Arbeit dar. Schon die Bearbeitung der Analysendaten erfordert eine erhebliche Mühewaltung, sie lässt sich indessen durch systematisches Rechnen ganz bedeutend vermindern. Man gewinnt dadurch zugleich auch den Vortheil, dass man vor der Begehung von Rechenfehlern weit mehr geschützt ist, als wenn man jede Analyse einzeln vornimmt. Um andererseits systematische Fehler völlig auszuschliessen, habe ich bei jeder Versuchsreihe zur Controle eine oder zwei der Analysen gänzlich unabhängig und zumeist ohne Logarithmen für sich berechnet. Bei der Berechnung der Analysen stellte sich dann auch leider recht häufig heraus, dass zwei der Versuche völlig übereinstimmten, während an anderer Stelle der Reihe eine grosse Lücke auftrat. Die Vervollständigung solcher Reihen habe ich nicht immer durchführen können, da dies — falls die Untersuchungsreihe schon abgeschlossen ist, — zumeist mit grossem Aufwande von Zeit und Mühe verbunden ist. Was die Doppelversuche anbetrifft, so habe ich dieselben fast stets unterdrückt; sie hätten die Tabellen nur unnütz vergrössert und so die Uebersicht erschwert. Zur Controle meiner Analysen etc. waren sie



mir aber andererseits ganz willkommen, und in manchen Fällen habe ich derartige Doppelversuche auch direct mit Absicht durchgeführt.

Die Berechnung der in den Tabellen enthaltenen maassgebenden Werthe und Quotienten erfolgte in der gleichen Weise wie bei den Analysen auf systematischem Wege. In einzelnen Fällen haben hier auch die Gauss'schen Logarithmen gute Dienste geleistet. Jedenfalls glaube ich, auch hier allen billigen Sicherheitsansprüchen genügt zu haben. Grössere Fehler geben sich ja bei systematischen Rechnungen, wie sie hier vorliegen, ganz von selbst zu erkennen, und wo irgendwo eine auffällige Zahl resultirte, habe ich stets doppelt bzw. dreifach gerechnet.

Was die Aufstellung der Tabellen betrifft, so habe ich mich auf die Aufnahme der wirklich zur Beurtheilung der Verhältnisse erforderlichen Werthe beschränkt.

Die Gewichtsprocente, welche sich von den Forschern auf diesem Gebiete zumeist mit angegeben finden, habe ich gar nicht erst berechnet.

Des Weiteren habe ich es vorgezogen, nicht die Werthe  $\frac{c_1^2}{x_1}$  etc. sondern  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  etc. zu berechnen. Es mag das auf den ersten Blick seltsam erscheinen, indessen ein sachlicher Grund lässt sich hiergegen nicht vorbringen, beide Quotienten sind völlig gleichberechtigt, und die Wahl wird mehr zur Geschmackssache. Ich habe den Quotienten  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  gewählt, weil mir die Formel vor der Berechnung der speciellen Werthe am besten eine vergleichende Schätzung der Constanz der maassgebenden Werthe zu ermöglichen schien.

Zur Berechnung der maassgebenden Quotienten werden zum Theil auch die speciellen Dissociationswerthe erforderlich; ich habe diese aber, soweit binäre Elektrolyten in Betracht kommen, nicht für jeden einzelnen Fall aus der Gleichung  $c(1 - \gamma) = kc^2\gamma^2$  hergeleitet, sondern es ist dies nur für eine gewisse Zahl von Hauptconcentrationen geschehen, die sich nachstehend verzeichnet finden, und bei der die Constante  $k$  zu 4,4 angenommen wurde.

Concentration g Moleküle Salz in 1 l	Dissociation $\gamma \cdot 100$	Concentration g Moleküle Salz in 1 l	Dissociation $\gamma \cdot 100$
0,05	84,3	4	38,5
0,1	74,4	2	28,5
0,2	64,1	3	24,0
0,3	57,6	4	21,2
0,5	48,4	5	19,1
1	38,5	6	17,6

Die dazwischen liegenden Werthe wurden jedesmal durch lineare Interpolation gewonnen.

Zum Schlusse möge hier noch eine Zusammenstellung der in den Tabellen enthaltenen Werthe und ihrer exacten Bedeutung Platz finden.

Es bezeichnet allgemein:

- 1)  $\delta$  die Dichte der Lösung, d. h. die Masse in der Volumeinheit.
- 2)  $y_1$  und  $y_2$  die Zusammensetzung der Lösung in Molekularprocenten, d. h. wie viel Moleküle der einzelnen Componenten auf 100 Moleküle der beiden Componenten zusammengenommen kommen.
- 3)  $c_1$  und  $c_2$  die räumlichen Concentrationen der beiden Componenten in der flüssigen Lösung, d. i. die Anzahl der mg Moleküle in 1 Liter.
- 4)  $c_1'$  und  $c_2'$  die Anzahl der Moleküle der beiden Componenten in der wässrigen Lösung, welche auf 100 Moleküle Wasser kommen.
- 5)  $x_1$  und  $x_2$  die räumlichen Concentrationen der beiden Componenten in der festen Lösung, d. i. die Zusammensetzung der Mischkrystalle in Molekularprocenten.
- 6)  $\gamma$  den Dissociationsgrad.

### III. Die speciellen Versuche.

#### 1. Kaliumchlorid. Ammoniumchlorid.

Die Chloride des Kaliums und Ammoniums werden wohl allgemein für isomorph erachtet, sie krystallisiren beide regulär und zwar plagiëdrisch hemiëdrisch. Hinsichtlich des Zusammenkrystallisirens dieser Salze können indessen Zweifel bestehen; denn schon Knop<sup>1)</sup> giebt an: »Bei Siedhitze gesättigte und gemischte Lösungen von beiden Körpern schieden beim Erkalten anfangs Chlorkalium, welches frei von Ammoniak war, ab, später aber chlorkaliumfreien Salmiak.« Andererseits will der genannte Forscher aus einer Lösung, »welche constant bei höherer Temperatur gehalten wurde«, Mischkrystalle von 87,6%  $NH_4Cl$  und 12,4%  $KCl$  (Gewichtsprocente) erhalten haben.

Mit den nachstehend beschriebenen Resultaten sind diese Angaben nicht gut in Einklang zu bringen, doch dürfte das nicht allzu sehr ins Gewicht fallen, da Knop selbst angiebt, dass er »sich mit ziemlich roh ausgeführten Versuchen begnügen« musste, und nicht in der Lage war, Löslichkeitsbestimmungen auszuführen.

Was die von mir ausgeführten Versuche betrifft, so wurde die Herstellung der Mischkrystalle und die übrigen Arbeiten nach der im Ab-

---

1) A. Knop, Molekularconstitution und Wachsthum der Krystalle. Leipzig 1867, S. 76.

schnitte II, S. 347 f. als dritte Methode näher beschriebenen Weise durchgeführt. Die geforderten Analysen stossen auf keine Schwierigkeiten, da eine scharfe Trennung der Componenten durch Glühen zu erreichen ist. Falls indessen die Resultate auf  $\frac{1}{10}\%$  richtig sein sollen, so muss mit grosser Umsicht operirt werden; bei heftigem Glühen wird leicht etwas Kaliumchlorid mit fortgerissen, und will man andererseits die letzten Spuren von Salmiak verflüchtigen — und das gilt namentlich für diejenigen Mischkrystalle, welche nur wenige Procente davon enthalten — so muss auch schon stark erhitzt werden. Es empfiehlt sich deshalb, die Mischkrystalle vor dem Glühen möglichst fein zu pulverisiren, da grössere Krystalle mit grosser Heftigkeit zerspringen, und so durch Fortschleudern leicht Verluste an Substanz entstehen.

Die erhaltenen Resultate finden sich in der Tabelle I zusammengestellt. Ihre Betrachtung lehrt, dass die beiden Chloride nur innerhalb bestimmter Grenzen zusammenkrystallisiren, und dass die Grenzkristalle eine Zusammensetzung zeigen einerseits von ca.  $18\%$   $NH_4Cl$  und  $82\%$   $KCl$ , andererseits von ca.  $3\%$   $KCl$  und  $97\%$   $NH_4Cl$ . Krystalle, welche eine Zusammensetzung zeigen, welche dazwischen liegt, können also nicht mit der Lösung im Gleichgewichte sein und sich auch nicht aus der gemeinsamen Lösung bilden. Bei den Versuchen 8 und 9 ist demnach anzunehmen, dass die analysirten Mischkrystalle nicht einheitlich gewesen sind, sondern aus einem Gemenge beider Grenzkristalle bestanden haben. Die Verschiedenheit in der Concentration der flüssigen Lösung trotz der gleichen Zusammensetzung möchte ich darauf zurückführen, dass der Versuch 9 nachträglich mit anderem Material angestellt wurde.

Das Hauptinteresse an der Tabelle concentrirt sich aber auf die maassgebenden Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  und  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  bzw.  $\frac{c_2}{x_2}$  und  $\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$ .

Was die ersteren Werthe anbetrifft, welche hauptsächlich für diejenigen Krystalle in Betracht kommen, die vorwiegend aus Kaliumchlorid bestehen, so fällt  $\frac{c_1}{x_1}$  von 336,3 bis 206,4, während  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  von 370,4 auf 872,3 ansteigt. Von einer wirklichen Constanz kann also nicht die Rede sein. Es fragt sich aber, ob diese Inconstanz nicht etwa durch eine Veränderung der Dissociation zu erklären sein wird. Nun ist die Dissociation der einzelnen Componenten gleich derjenigen der Gesamtconcentration, und diese ändert sich für die betreffenden Versuche von 4173,1 bis 5804,4, also recht merklich. Mit einer Steigerung der Concentration geht die Dissociation sodann zurück. Würden wir also an Stelle des Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  den Werth  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1}$  berechnen, — wo  $\gamma$  die Dissociation bezeichnet —

Tabelle 4 (zu S. 352).

*KCl, NH<sub>4</sub>Cl.*

Temp. 25°

Nr. des Ver- suches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. % <i>NH<sub>4</sub>Cl</i> in der Lösung	$c_1$ mg Mol. <i>NH<sub>4</sub>Cl</i> in in 1 l	$x_1$ Mol. % <i>NH<sub>4</sub>Cl</i> in den Kryst.	$c_1 + c_2$ Gesamt- concen- tration	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. % <i>KCl</i> in der Lösung	$c_2$ mg Mol. <i>KCl</i> in 1 l	$x_2$ Mol. % <i>KCl</i> in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	1,1807	0,00	0,00	0,00	4173,4	—	—	100,00	4173,4	100,00	41,73	447,3
2	1,1710	9,41	426,4	1,21	4344,6	336,3	370,1	90,59	3918,5	98,79	39,67	394,2
3	1,1675	15,04	664,2	2,41	4396,7	313,9	455,6	84,96	3735,5	97,89	38,46	377,6
4	1,1591	34,26	1663,9	6,18	4784,5	265,3	659,5	65,74	3662,3	93,82	33,52	324,7
5	1,1493	46,59	2387,4	8,90	5124,6	268,3	800,3	53,41	3445,3	91,10	30,05	286,8
6	1,1461	51,63	2750,5	10,53	5327,5	261,1	847,4	48,37	2737,2	89,47	28,80	272,4
7	1,1394	63,56	3686,5	17,86	5504,1	206,4	872,3	36,44	2414,6	82,44	25,74	233,3
8	1,1326	73,49	4342,7	60,20	5908,9	72,14	559,8	26,54	1566,2	39,80	39,35	248,3
9	1,1329	73,48	4567,4	76,88	6245,8	39,44	520,9	26,52	1648,9	23,42	71,30	342,8
10	1,1245	79,10	4893,2	97,54	6383,1	50,18	495,5	20,90	1489,9	2,49	598,4	944,2
11	1,1212	82,14	4888,6	97,79	6177,2	49,48	489,3	17,86	1338,6	2,21	605,7	900,4
12	1,1009	87,96	5204,0	98,85	5916,5	52,64	523,4	12,04	712,5	1,15	619,6	664,4
13	1,0942	93,45	5992,7	99,33	6410,7	60,19	599,9	6,55	418,8	0,67	623,0	521,7
14	1,0768	100,00	5108,3	100,00	5108,3	51,08	510,8	0,00	0,00	0,00	—	—



so müsste die Constanz der Colonne grösser werden. Wir sind nun in der Lage, die Dissociation hier bei den Chloriden mit annähernder Sicherheit zu berechnen. Nach den Untersuchungen von Noyes<sup>1)</sup> ist die Dissociationsconstante bei allen Alkalichloriden gleich und im Mittel = 4,4. Unter Benutzung dieses Werthes berechnet sich dann die Dissociation für die Concentration 4173,4 zu rund 20,8%, für die Concentration 5804,4 dagegen zu 47,9%, d. h. die Dissociation ändert sich, trotzdem die Concentration fast um die Hälfte ihres Werthes zunimmt, nur um 3%.

Die Erhöhung der Constanz bezw. Minderung der Inconstanz, welche die Colonne des Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  also eventuell durch Benutzung der Formel  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1}$  erlangen würde, fällt ganz verschwindend aus.

Es bleibt somit wohl nur übrig, zu untersuchen, ob nicht die im Abschnitte I, S. 343 entwickelte Formel zu einfacheren Verhältnissen führt. Nachstehend finden sich die nach dieser Formel berechneten Werthe mit den zu Grunde gelegten Dissociationsgraden sowie den obigen Quotienten zusammengestellt.

Nr. des Versuches	$\gamma \cdot 100$	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$
2	20,5	336,3	343,2	370,0
3	20,4	343,9	342,8	455,6
4	49,4	265,3	344,5	659,5
5	48,9	268,3	368,9	800,3
6	48,6	261,4	378,4	847,4
7	47,9	206,4	383,6	872,3

Die Betrachtung dieser Zahlen lehrt sofort, dass die Constanz der Werthe  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  bedeutend grösser ist, als diejenige der Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$ ; erstere ändern sich nur um  $\frac{1}{9}$ , letztere über  $\frac{1}{3}$  des Werthes.

Zieht man sodann die möglichen Fehler in Betracht und speciell auch die Unsicherheit hinsichtlich des Dissociationsgrades, so dürfte die der Formel  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  zu Grunde liegende Annahme, dass die Sättigung einer Lösung nicht allein durch den nichtdissociirten, sondern eben so sehr auch durch den dissociirten Antheil des gelösten Körpers bedingt wird, als wahrscheinlich gemacht angesehen werden. Des Weiteren würde

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 1892, 9, 603.

sich dann die Molekulargrösse des krystallisirten Ammoniumchlorides als der einfachen Formel  $NH_4Cl$  entsprechend ergeben.

Schliesslich sind noch die Verhältnisse derjenigen Mischkrystalle näher zu erörtern, welche vorwiegend aus Salmiak bestehen, und nachstehend finden sich die in dieser Hinsicht maassgebenden Werthe vereinigt.

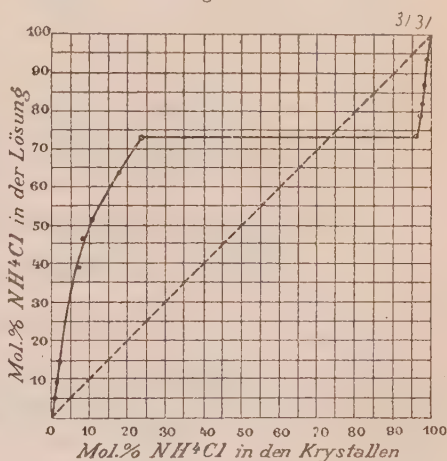
Nr. des Versuches	$\gamma \cdot 100$	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2[1 + \gamma(\sqrt{x_2} - 1)]}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
10	17,0	598,4	657	944,2
11	17,3	605,7	657	900,4
12	17,7	619,6	628	664,4
13	17,0	623,0	642	521,7

Auch hier zeigen die Werthe der Formel  $\frac{c_2[1 + \gamma(\sqrt{x_2} - 1)]}{x_2}$  die grössere Constanz, wenn auch natürlich das Resultat — wegen des geringeren Umfanges der Mischbarkeit — nicht die gleiche Zuverlässigkeit beanspruchen kann. Hinsichtlich der Molekulargrösse kann aber wohl kein Zweifel aufkommen, zumal wenn man die grosse Inconstanz des Quo-

tienten  $\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$  vergleichsweise in

Betracht zieht. Die Krystallmoleküle müssen mit den chemischen Molekülen identisch sein. Was endlich die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Mischkrystalle von der Zusammensetzung der Lösung betrifft, so finden sich die Verhältnisse in der nebenstehenden Fig. 4 graphisch dargestellt; sie entsprechen demnach dem Falle IV von Bakhuis-Roozeboom.

Fig. 4.



## 2. Kaliumbromid, Ammoniumbromid.

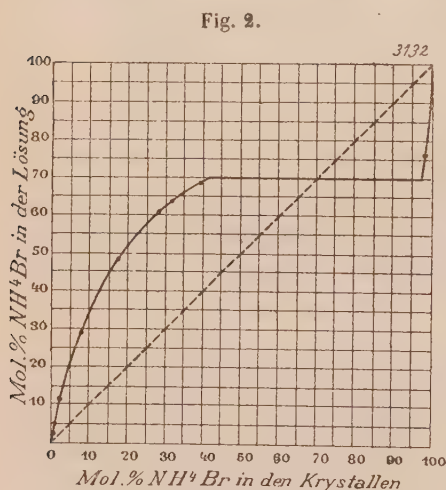
Die Bromide des Kaliums und Ammoniums stehen in den gleichen Beziehungen zu einander wie die Chloride; es schien mir deshalb durchaus wichtig, die bei den letzteren gewonnenen, wahrscheinlichen Resultate durch Beobachtungen an den ersteren weiter sicher zu stellen.

Die Versuche wurden genau in der gleichen Weise durchgeführt wie bei den Chloriden. Die Trennung der Componenten konnte hier ebenfalls

durch Glühen bewirkt werden, und wenn man nur mit der nöthigen Umsicht operirt und namentlich darauf achtet, dass die zum Glühen verwendete Substanz auch wirklich trocken ist, so genügt die erreichte Genauigkeit allen billigen Ansprüchen. Jedenfalls arbeitet man dann sicherer und bequemer als bei den Chloriden.

Die erhaltenen Zahlenwerthe finden sich in der Tabelle Nr. 2 zusammengestellt. Hiernach krystallisiren die Bromide ebenso wie die Chloride nur innerhalb bestimmter Grenzen zusammen, doch zeigen die Grenzkrystalle eine merklich andere Zusammensetzung, nämlich einerseits

ca. 40 %  $\text{NH}_4\text{Br}$  und 60 %  $\text{KBr}$ , andererseits ca.  $1\frac{1}{2}$  %  $\text{KBr}$  und  $98\frac{1}{2}$  %  $\text{NH}_4\text{Br}$ . Der Zusammenhang zwischen Lösung und Mischkrystallen aber entspricht wiederum, wie die nebenstehende Fig. 2 zeigt, dem Falle IV von Bakhuis-Roozeboom. Das Ammoniumsalz vermag also nur geringe Mengen von dem Kaliumsalz aufzunehmen, und dem entsprechend eignet sich dieser Theil der Versuchsreihe nur wenig zur Erörterung der vorliegenden Fragen. Desto mehr aber dürfte der andere Theil den gehegten Erwartungen entsprechen.



Zunächst lehrt die Betrachtung der Tabelle, dass der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  von 249,5 bis auf 408,4, also über die Hälfte seines Werthes abfällt. Von einer Constanz kann also nicht die Rede sein. Der Quotient  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  zeigt aber noch grössere Veränderungen; er steigt unter den gleichen Verhältnissen von 427,5 auf 680, also bis zum fünffachen seines Werthes. Wollte man also direct zu einem Schlusse hinsichtlich der Molekulargrösse gelangen, so müsste man den beobachteten Thatsachen so zu sagen Gewalt anthun.

Auch die Berücksichtigung der Dissociation kann hier die Verhältnisse nicht klarer stellen.

Der Dissociationsgrad der Bromide darf wohl gleich dem der Chloride angesehen werden. Wir berechnen hiernach die Dissociation bei dem Versuche Nr. 2 zu 49,4 %, bei dem Versuche 9 zu 47,3 %. Durch Anwendung der Formel  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1}$  an Stelle von  $\frac{c_1}{x_1}$  würde die Constanz dieser Columnen also nur um 2 % erhöht werden, während andererseits die Columnen des

Tabelle 2 (zu S. 356).

 $KBr, NH_4Br$ .

Temp. 25°

Nr. des Ver- suches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. % $NH_4Br$ in der Lösung	$c_1$ mg Mol. $NH_4Br$ in 4 l	$x_1$ Mol. % $NH_4Br$ in den Kryst.	$c_1 + c_2$ Gesamt- concen- tration	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. % $KBr$ in der Lösung	$c_2$ mg Mol. $KBr$ in 4 l	$x_2$ Mol. % $KBr$ in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	4,3756	0,00	0,00	0,00	4686,2	—	—	400,00	4686,2	400,00	46,86	468,6
2	4,3745	4,38	65,3	0,26	4747,5	249,5	127,5	98,62	4632,2	99,74	46,64	463,8
3	4,3733	5,29	254,5	4,27	4756,6	498,4	228,2	94,74	4505,4	98,73	45,62	453,4
4	4,3724	40,77	523,7	3,02	4862,7	473,4	304,4	89,23	4339,0	96,98	44,74	440,6
5	4,3714	29,63	459,6	8,42	5263,9	435,4	537,3	70,37	3704,3	94,58	40,45	387,4
6	4,3715	47,84	2675,0	47,20	5594,7	455,5	644,9	52,46	2916,7	82,80	35,23	320,5
7	4,3753	64,69	3546,3	27,98	5748,4	426,7	670,4	38,34	2202,4	72,02	30,58	259,5
8	4,3753	64,03	3894,4	32,53	6076,6	449,6	682,4	35,97	2485,5	67,47	32,39	266,4
9	4,3766	68,64	4263,4	39,45	6243,2	408,4	678,7	34,39	4950,4	60,55	32,24	250,6
40	4,3777	70,27	4443,0	variabel	6280,4	—	—	29,73	4867,4	variabel	—	—
41	4,3766	76,47	4906,4	98,53	6445,7	49,79	494,2	23,53	4509,6	4,47	4027,0	4245,0
42	4,3763	400,00	5894,4	400,00	5894,4	58,94	589,4	0,00	0,00	0,00	—	—



Quotienten  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  eventuell durch Benutzung der Formel  $\frac{c_1 \gamma}{\sqrt{x}}$  noch eine unmerkliche Verringerung der Constanz erleiden müsste.

Es bleibt also nur noch übrig, die Formel  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  zu prüfen.

Die nach dieser Formel berechneten Werthe finden sich nachstehend mit den zu Grunde gelegten Werthen von  $\gamma$ , sowie zum besseren Vergleich mit den oben discutirten Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  und  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  zusammengestellt.

Nr. des Versuches	$\gamma \cdot 100$	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$
2	19,4	249,5	225,8	127,5
3	19,4	198,1	202,9	223,2
4	19,3	173,1	197,8	304,1
5	18,7	185,1	251,0	537,3
6	18,2	155,5	244,6	644,9
7	18,0	126,7	224,6	670,4
8	17,5	119,6	218,2	682,1
9	17,3	108,1	202,1	678,7

Hinsichtlich der Constanz des Quotienten  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x}$  kann wohl kein Zweifel aufkommen, zumal wenn man die möglichen Fehlerquellen gebührend würdigt. Wir gelangen also ebenso wie bei den Chloriden glatt zu dem Schlusse, dass

- 1) die Sättigung einer Lösung nicht allein durch die Anzahl der nicht-dissociirten Moleküle bedingt wird, sondern gleichzeitig auch durch die Concentration der Ionen;
- 2) die Molekulargrösse im krystallisirten Zustande hier der einfachen chemischen Formel entspricht.

### 3. Kaliumchlorid, Kaliumbromid.

Nach Feststellung des übereinstimmenden Verhaltens der Chloride und der Bromide dürfte es von Interesse sein, auch die Beziehungen des Kaliumchlorids zum Kaliumbromid näher kennen zu lernen. Zwar liegen hier die Verhältnisse etwas complicirter, insofern die Trennung des Chlors vom Brom mit Schwierigkeiten verknüpft ist, indessen ist der geforderte Mehraufwand an Arbeit nicht so gross, wie es wohl anfänglich erscheint. Abgesehen von der Methode der Analyse aber ist das Verfahren hier bei

diesem Salzpaar genau dasselbe gewesen wie bei den Chloriden und Bromiden.

Was nun die Analysen betrifft, so bediente ich mich einer indirecten Bestimmungsmethode. Die Menge des Halogens der Mischung wurde durch Titrirung mit einer Lösung von Silbernitrat ermittelt, und zwar benutzte ich nicht das gewöhnliche volumetrische Verfahren, sondern gab der sogenannten Gewichtsmethode den Vorzug. Die letztere ist zwar etwas umständlicher, gestattet aber dafür auch eine weit grössere Genauigkeit. Immerhin fliessen aber die Fehlerquellen recht reichlich und namentlich da, wo es sich um geringe Beimengungen der einen oder anderen Componente handelt. Eine grössere Zuverlässigkeit der Resultate glaube ich, hier dadurch erreicht zu haben, dass ich die Titerstellung der Silberlösung nicht, wie sonst mit Recht gebräuchlich, mit geglühtem Natriumchlorid bewirkte, sondern dazu für diejenigen Lösungen, welche wenig Kaliumchlorid enthielten, einmal umkrystallisiertes Kaliumbromid benutzte, für diejenigen Lösungen dagegen, welche arm an Kaliumbromid waren, einmal umkrystallisiertes Kaliumchlorid verwendete. Dadurch werden diejenigen Fehler, welche von den Verunreinigungen der käuflichen Präparate herühren können, wohl so gut wie ausgeschlossen, und um absolute Bestimmungen handelt es sich hier ja nicht.

Als Indicator beim Titriren diene schliesslich überall chromsaures Kalium.

Die in dieser Weise erhaltenen Zahlenwerthe finden sich in der Tabelle 3 vereinigt. Ihre Betrachtung lehrt, dass die beiden Körper fast in allen Verhältnissen zusammenkrystallisiren. Um so mehr bleibt es daher auffällig, dass Mischkrystalle von 0—8% Gehalt an Kaliumchlorid nicht erhalten wurden. In Analogie mit den Flüssigkeiten sollte man wohl erwarten, dass, wenn sich ein Stoff in einem anderen auflöst, auch dieser wiederum in jenem — wenn auch nur in ganz geringem Grade — löslich ist. Indessen ich kann nur angeben, was ich bei sorgfältigem Arbeiten gefunden habe. Uebrigens ist ja eine geringe Löslichkeit des Kaliumchlorids in festem Bromkalium nach den gefundenen Zahlen nicht ganz unwahrscheinlich, und im Versuche Nr. 4 finden sich sogar 0,5% *KCl* verzeichnet. Es wollen aber andererseits bei Entscheidung dieser Frage auch die Fehlerquellen in Betracht gezogen sein, und es scheint mir dann nicht völlig ausgeschlossen zu sein, dass trotz des sorgfältigen Arbeitens einmal Anhängsel bzw. Einschlüsse der flüssigen Lösung einen Fehler bis zu 0,3% veranlassten. Im Hinblick auf die übrigen Fehlerquellen würde sich also der Gehalt an 0,5% Kaliumchlorid im Versuche Nr. 4 eventuell auch ohne die Annahme einer Löslichkeit von Kaliumchlorid in festem Bromkalium erklären lassen.

Der Versuch Nr. 5 steht schliesslich in einem gewissen Gegensatze zum

Tabelle 3 (zu S. 359).

*KCl*, *KBr*.

Temp. 25°

Nr. des Versuches	$\delta$ Dichte der Lösung	$\frac{x_1}{2}$ Mol. % <i>KCl</i> in der Lösung	$c_1$ mg Mol. <i>KCl</i> in 4 l	$x_1$ Mol. % <i>KCl</i> in den Kryst.	$c_1 + c_2$ Gesamt- concentration	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$\frac{x_2}{2}$ Mol. % <i>KBr</i> in der Lösung	$c_2$ mg Mol. <i>KBr</i> in 4 l	$x_2$ Mol. % <i>KBr</i> in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	1,3756	0,00	0,00	0,00	4686,2	—	—	100,00	4686,2	100,00	46,86	468,6
2	1,3747	2,06	97,4	0,30	4724,9	—	—	97,94	4627,5	99,70	—	—
3	1,3700	6,16	344,2	0,00	4776,9	—	—	93,84	4462,7	100,00	—	—
4	1,3606	13,46	589,2	0,50	4834,5	—	—	86,54	4345,3	99,50	—	—
5	1,3648	12,86	624,3	8,23	4852,8	75,86	217,6	87,14	4328,5	91,77	44,00	424,5
6	1,3576	18,95	929,1	10,68	4903,4	86,99	284,3	81,05	3974,3	89,32	44,50	420,5
7	1,3544	22,49	1108,0	15,68	4925,8	70,66	279,8	77,51	3817,8	84,32	45,28	415,8
8	1,3445	29,82	1492,3	27,97	5003,5	53,35	282,2	70,18	3514,2	72,03	48,75	413,7
9	1,3320	36,48	1830,7	33,66	5018,8	54,39	315,5	63,52	3188,1	66,34	48,06	391,4
10	1,3196	42,95	2147,3	51,85	4999,6	41,41	298,2	57,05	2852,3	48,45	59,24	411,1
11	1,3149	45,06	2237,4	63,51	4965,0	35,23	280,8	54,94	2727,6	36,49	74,75	451,5
12	1,2939	51,63	2515,1	73,57	4871,2	34,49	293,2	48,37	2356,1	26,43	89,15	458,3
13	1,2689	60,30	2868,0	82,29	4756,1	34,85	316,2	39,70	1830,2	17,71	103,3	434,9
14	1,2455	74,01	3363,9	88,04	4545,0	38,21	358,5	25,99	1181,1	11,96	98,76	341,5
15	1,1977	85,22	3911,4	96,98	4310,2	40,33	397,2	11,78	398,8	3,02	132,1	229,5
16	1,1821	97,26	4463,0	99,37	4235,6	41,89	417,6	2,74	72,6	0,63	117,9	91,5
17	1,1756	100,00	4473,1	100,00	4173,1	41,73	417,3	0,00	0,00	0,00	—	—

Versuche Nr. 4, insofern die flüssige Lösung hier verhältnissmässig mehr Kaliumchlorid enthält als dort. Es bleibt aber zu bemerken, dass Versuch Nr. 5 einer nachträglich zur Controle ausgeführten Versuchsreihe angehört, bei der — wegen Verbrauch des alten — ein neues Präparat von Kaliumbromid benutzt werden musste.

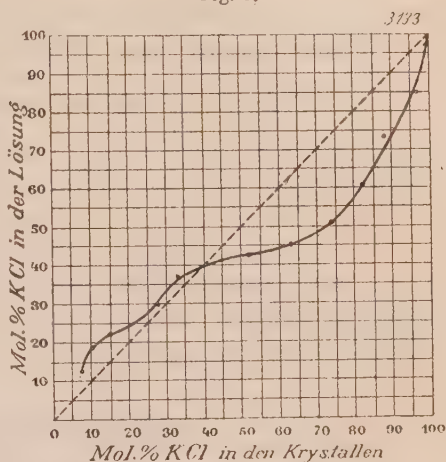
Die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Mischkrystalle von der Zusammensetzung der Lösung findet sich nebenstehend graphisch dargestellt. Abgesehen von der anfänglichen Lücke entsprechen die Verhältnisse dem Falle II von Bakhuis-Roozeboom.

Was nun die für die Molekulargrösse maassgebenden Werthe be-

trifft, so lassen die Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  und  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  bzw.  $\frac{c_2}{x_2}$  und  $\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$ , ebenso wie bei den Chloriden und Bromiden, eine befriedigende Constanz nicht erkennen. Durch Berücksichtigung der Dissociation lässt sich aber hier noch weniger wie dort eine Aenderung des Resultates erreichen, denn die Gesamtconcentration zeigt geringere Schwankungen. Berechnet man aber die Quotienten  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  und  $\frac{c_2[1 + \gamma(\sqrt{x_2} - 1)]}{x_2}$ , so lässt die auftretende Constanz kaum zu wünschen übrig. In der nachstehenden Tabelle finden sich die sämtlichen, in Betracht kommenden Werthe vereinigt.

Nr. des Versuches	$\gamma \cdot 100$	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2[1 + \gamma(\sqrt{x_2} - 1)]}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
5	19,4	75,86	103,4	217,6	44,00	117,2	421,5
6	19,3	86,99	125,1	284,3	44,50	117,1	420,5
7	19,2	70,66	110,8	279,8	45,28	116,4	415,8
8	19,1	53,35	97,1	282,2	48,75	118,5	413,7
9	19,1	54,39	104,3	315,5	48,06	113,6	391,4
10	19,1	41,44	92,6	298,2	59,24	126,4	411,1
11	19,2	35,23	82,4	280,8	74,75	147,8	451,5
12	19,4	34,19	84,4	293,2	89,15	160,8	458,3
13	19,6	34,85	90,0	316,2	103,3	168,3	434,9
14	20,1	38,21	102,6	358,5	98,76	147,6	341,5
15	20,5	40,33	113,5	397,2	132,1	152,0	229,5
16	20,7	41,89	119,7	417,6	117,9	120,2	91,5
17	20,8	41,73	128,5	417,3	—	—	—

Fig. 3.





Bemerkenswerth bleibt es aber, dass hinsichtlich des Quotienten  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  die Anfangs- und Endwerthe gut übereinstimmen, während in der Mitte bei den stark concentrirten festen Lösungen eine deutliche Depression zu Tage tritt. Dem gegenüber macht sich bei dem Quotienten  $\frac{c_2[1 + \gamma(\sqrt{x_2} - 1)]}{x_2}$  in der Mitte ein Anstieg bemerkbar, während Anfangs- und Endwerthe wieder übereinstimmen. Es dürfte dies wohl darauf hindeuten, dass hier noch eine systematische Fehlerquelle vorliegt, bezw. dass irgend ein Factor unberücksichtigt geblieben ist.

Zu eingehenden Erörterungen nach dieser Richtung hin scheint mir aber das Beobachtungsmaterial nicht genau genug zu sein. Im Allgemeinen dürften aber dadurch die Schlussfolgerungen der beiden ersten Versuchsreihen vollständig bestätigt werden.

#### 4. Kaliumbromid, Kaliumjodid.

Zur weiteren Sicherstellung der an den Chloriden und Bromiden gewonnenen Resultate schien es mir angebracht, auch die Jodide in den Kreis der Untersuchung zu ziehen. Das Kaliumjodid krystallisirt ebenso wie das Bromid regulär, hinsichtlich der Zugehörigkeit zur plagiëdrischen Hemiëdrie können indessen wohl Zweifel bestehen.

Die mit dem Salzpaare angestellten Versuche wurden in der gleichen Weise durchgeführt, wie bei den früheren Reihen, und die Analysen erfolgten gleichfalls durch Titration mit Silbernitrat. Die Einstellung erreicht hier aber nicht den gleichen Grad von Genauigkeit, da Jodsilber schon eine stärkere Färbung zeigt, und dem entsprechend die Indicatorreaction sich nicht mehr so scharf beobachten lässt. Ein anderer Uebelstand, der sich recht unangenehm bemerkbar macht, besteht darin, dass sich diejenigen Lösungen, welche grössere Mengen des Jodids enthalten, nur sehr schwer eindampfen lassen, und dass eine wirkliche Trockenheit des Rückstandes eigentlich nur durch Glühen zu erreichen ist. Bei stärkerem Erhitzen aber kann man sich gegen Verluste durch Spritzen kaum schützen. Zuverlässige Resultate sind hier nicht anders zu erreichen, als indem man die einzudampfende Lösung mit einer abgewogenen Menge frisch geglühten Seesandes versetzt und dann operirt.

Bei Berechnung der Versuche zeigte sich dann, dass Lösungen, welche bis zur Hälfte aus Kaliumjodid bestehen, Krystalle absetzen, welche aus reinem Bromid bestehen oder doch nur Spuren von Jodid einschliessen. Aus Lösungen, welche dagegen vorwiegend Kaliumjodid enthalten, wurden Mischkrystalle mit einem Gehalte von 36,7% Kaliumbromid erzielt, und es scheinen auch die festen Lösungen mit geringerem Gehalte an Bromid voll-

ständig zu existiren. Die erhaltenen Zahlen sind aber so ungenau, dass sie für die vorliegenden Fragen keine Bedeutung haben.

### 5. Kaliumchlorid, Kaliumjodid.

Der Vollständigkeit halber wurde auch das Verhalten des Kaliumjodids zum Kaliumchlorid studirt. Es zeigte sich aber alsbald, dass schon aus einer Mischung, welche nur wenige Procent des Chlorids enthält, das letztere sich so gut wie frei von Jodid abscheidet. Die nähere Untersuchung des Salzpaares konnte demnach für die vorliegende Frage nicht gut von Bedeutung werden.

### 6. Kaliumnitrat, Thalliumnitrat.

Die einbasischen Nitate gehören zu den binären Elektrolyten, ihre Dissociationsverhältnisse sind somit noch einfach, und dem entsprechend eignen sie sich auch mit am besten zur Lösung der hier vorliegenden Fragen.

Wenn man indessen die einzelnen Körper dieser Klasse in Hinsicht auf die Mischbarkeit, sowie die nöthigen Analysen näher betrachtet, so stösst man auf mancherlei Schwierigkeiten. Am einfachsten und bequemsten schienen mir die Verhältnisse noch bei den Salzen des Kaliums und Thalliums zu liegen, wenn auch die Löslichkeit grosse Differenzen zeigt. Beide krystallisiren rhombisch und in den gleichen Formen, sind also in dem gewöhnlichen Sinne vollständig isomorph.

Die Versuchsanordnung war bei diesem Salzpaare genau die gleiche wie bei den Chloriden und Bromiden. Die Analysen erfolgten in der Weise, dass das Thallium als Jodthallium gefällt, und sodann das Gewicht durch Wägung auf einem getrockneten Filter bestimmt wurde.

In der Tabelle Nr. 4 (siehe folg. S.) finden sich die erhaltenen Zahlenwerthe zusammengestellt. Hiernach krystallisiren beide Salze nur innerhalb enger Grenzen zusammen; das Kaliumnitrat vermag nur bis zu etwa 3% von dem Thalliumsalz zu lösen. Wenn — wie angegeben — die Grenzkristalle 6% Thalliumsalz enthalten, so ist dabei zu beachten, dass die zweite Art der Grenzkristalle 27% der Thalliumverbindung einschliesst, und dass die Aussonderung bei der sehr geringen Grösse der Krystallindividuen nie eine vollkommene sein kann.

Fig. 4.

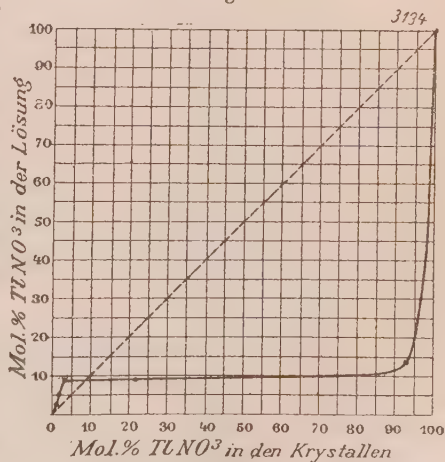


Tabelle 4 (zu S. 363).

 $KNO_3$ ,  $TlNO_3$ .

Temp. 25°

Nr. des Versuches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. % $TlNO_3$ in der Lösung	$c_1$ mg Mol. $TlNO_3$ in 1 l	$x_1$ Mol. % $TlNO_3$ in den Kryst.	$c_1 + c_2$ Gesamtconcentration	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$\frac{y_2}{2}$ Mol. % $KNO_3$ in der Lösung	$c_2$ mg Mol. $KNO_3$ in 1 l	$x_2$ Mol. % $KNO_3$ in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	1,2632	0,00	0,00	0,00	3468,2	—	—	100,00	3468,2	100,00	—	—
2	1,1903	0,43	8,9	0,08	3260,4	106,8	30,84	99,57	3254,5	99,92	—	—
3	1,1956	0,70	23,4	0,20	3308,2	116,8	54,91	99,30	3285,4	99,80	—	—
4	1,2050	1,97	66,8	0,57	3364,4	116,4	87,84	98,03	3298,4	99,43	—	—
5	1,2196	5,37	186,9	1,78	3481,3	105,2	140,2	94,63	3294,4	98,22	—	—
6	1,2436	7,01	239,0	2,19	3411,4	109,1	161,5	92,99	3172,4	97,81	—	—
7	1,2617	9,02	323,8	2,77	3589,6	116,6	194,4	90,98	3265,8	97,23	—	—
8	1,2950	9,90	465,2	6,00	4688,8	—	—	90,10	4232,6	{ 72,96	—	—
9	1,2050	13,58	380,6	93,33	2803,9	—	—	86,42	2423,3		—	—
10	1,0964	100,00	436,1	100,00	436,1	—	—	0,00	0,00		—	—

Die Beziehung zwischen der Zusammensetzung der Lösung und derjenigen der Mischkrystalle ist auf Seite 363 graphisch dargestellt. Die Verhältnisse entsprechen dem Falle 4 von Bakhuis-Roozeboom.

Derjenige Zweig der Mischkrystalle, welcher 100—27,04% Thalliumsalz einschliesst, wurde nicht näher untersucht; bei den maassgebenden verdünnten Lösungen hätte die indirecte Bestimmungsmethode Platz greifen müssen, und dem entsprechend liess sich hier eine genügende Genauigkeit der Zahlenwerthe von vornherein nicht gut erwarten.

Betrachtet man nun die in der Tabelle Nr. 4 enthaltenen maassgebenden Werthe etwas näher, so zeigt sich, dass der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  so gut wie constant ist, dass dagegen  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  rund um das sechsfache seines anfänglichen Werthes zunimmt. Was dagegen den Quotienten  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  betrifft, so wird sein Verhalten aus der nachfolgenden Zusammenstellung ersichtlich.

Nr. des Versuches	$\gamma \cdot 100$	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$
2	21,9	106,8	90,14	30,84
3	22,1	116,8	102,4	54,91
4	22,2	116,4	110,3	87,84
5	22,5	105,2	113,1	140,2
6	22,4	109,1	120,9	161,5
7	22,8	116,6	136,1	194,4

Der Quotient  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt{x_1} - 1)]}{x_1}$  zeigt hier also ein merkliches Ansteigen und jedenfalls eine geringere Constanz als  $\frac{c_1}{x_1}$ . Vielleicht, dass die Dissociation erheblich zu hoch angenommen wurde — die Constante wurde wie bei den Chloriden gleich 4,4 gesetzt —; vielleicht, dass ein anderer Umstand zur Erklärung herangezogen sein will. Eine sichere Entscheidung scheint mir zur Zeit nicht möglich; aber auffällig bleibt das Verhalten jedenfalls. Hinsichtlich der Molekulargrösse im krystallisirten Zustande kann dagegen wohl kein Zweifel aufkommen, es kann sich immer nur um die einfache chemische Formel handeln.

## 7. Baryumnitrat, Bleinitrat.

Die regulär krystallisirenden Nitate des Baryums und Bleis sind schon mehrfach zum Studium der Eigenschaften von Mischkrystallen benutzt



worden; in letzter Zeit namentlich von H. Ambrohn und Leblanc<sup>1)</sup>, sowie von Hertz<sup>2)</sup>. Die nachstehend beschriebenen Versuche wurden schon im Sommersemester 1894 ausgeführt, noch bevor ich von den Arbeiten der genannten Forscher Kenntniss erhielt.

Die Herstellung der Mischkrystalle erfolgte in der Weise, dass die gesättigte Lösung beider Salze in einem Ostwald'schen Thermostaten dem freiwilligen Verdunsten überlassen blieb. Nach Verlauf von einigen Tagen hatten sich dann regelmässig genügende Mengen von Mischkrystallen abgesetzt. Die benutzten Lösungen enthielten im Allgemeinen etwa 200 g Substanz, und die Zusammensetzung derselben sowie der ausgeschiedenen Krystalle wurde in der Art ermittelt, dass nach dem Ausfällen des Bleies mit gasförmigem Schwefelwasserstoff das Baryum mit Schwefelsäure gefällt und als Sulfat zur Wägung gebracht wurde.

Die erhaltenen Resultate finden sich in der Tabelle Nr. 5 zusammengestellt (Versuch 4—10). Daneben sind auch einige weitere Versuche verzeichnet, welche den Zweck hatten, die Grösse der möglichen Fehlerquellen festzustellen. Die Versuche 10 und 11 wurden mit Lösungen angestellt, welche mit Salpetersäure versetzt waren; sie zeigen wohl deutlich, dass man sorgfältig darauf zu achten hat, dass die Lösungen stets neutral bleiben. Die Versuche 5, 6 und 7 unterscheiden sich in der Weise, dass bei Versuch 5 die Lösung ungestört — ohne zu rühren — dem Verdunsten überlassen blieb; bei Versuch 6 wurde dagegen mehrmals am Tage umgerührt, und schliesslich beim Versuch 7 wurde die Lösung durch eine Rührvorrichtung ständig in Bewegung erhalten. Vergleicht man die Resultate, so gelangt man wohl zum Schlusse, dass es vollständig genügt, wenn man die Lösungen von Zeit zu Zeit umschüttelt, dass aber durch ein Unterlassen desselben die Zahlenwerthe auch noch nicht ganz unbrauchbar werden.

Die letzten Versuche Nr. 12—19 haben den Einfluss der Temperatur zum Gegenstande. Mit dem Ansteigen der Temperatur scheint hiernach auch ein Ansteigen der maassgebenden Quotienten verbunden zu sein. Im Uebrigen aber stellte sich der Einfluss der Temperatur geringer heraus, als anfänglich erwartet wurde; zu Berechnungen der Lösungswärme der festen Lösung<sup>3)</sup> aber können die erhaltenen Zahlen jedenfalls nicht verwerthet werden.

Was nun allgemein diejenigen Grössen anbetrifft, welche für die Ermittlung der Molekulargrösse im festen Zustande in Betracht kommen, so ist hier zu beachten, dass wir es nicht mehr mit einem binären Elektrolyten zu

1) Ber. d. math.-phys. Klasse der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissensch. 1894, S. 173—184.

2) Inaug.-Diss. Berlin 1895, S. 15.

3) Vergl. S. 344.

Tabelle 5 (zu S. 366).  $Ba(NO_3)_2$ ,  $Pb(NO_3)_2$ .

Nr. des Ver- suches	$t$ Tem- perat.	$y_1$ Mol. % $Ba(NO_3)_2$ in der Lösung	$c_1'$ Mol. $Ba(NO_3)_2$ auf 100 Mol. $H_2O$	$x_1$ Mol. % $Ba(NO_3)_2$ in den Kryst.	$c_1' + c_2'$ Gesamt- concen- tration	$\frac{c_1'}{x_1} \cdot 100$	$\frac{c_1'}{y_1} \cdot 100$	$y_2$ Mol. % $Pb(NO_3)_2$ in der Lösung	$c_2'$ Mol. $Pb(NO_3)_2$ auf 100 Mol. $H_2O$	$x_2$ Mol. % $Pb(NO_3)_2$ in den Kryst.	$\frac{c_2'}{x_2} \cdot 100$	$\frac{c_2'}{y_2} \cdot 100$
1	30	4,87	0,0669	3,06	3,529	2,48	3,82	98,43	3,496	96,94	3,61	35,5
2	30	6,43	0,2243	44,50	3,433	4,53	5,84	93,57	3,221	85,50	3,77	34,8
3	30	10,20	0,3249	34,22	3,4859	4,04	5,84	89,80	2,861	68,78	4,16	34,5
4	30	21,07	0,5050	63,61	2,8960	0,79	6,33	78,93	1,894	36,39	5,20	34,4
5	30	21,32	0,4916	65,70	2,3296	0,75	6,06	78,68	1,838	34,30	5,36	34,4
6	30	21,03	0,4957	65,82	2,3567	0,75	6,44	78,97	1,861	34,18	5,44	34,8
7	30	35,73	0,5916	84,90	1,6256	0,72	6,54	64,27	1,064	18,10	5,89	25,0
8	30	41,77	0,6033	83,54	1,4446	0,72	6,60	58,23	0,8443	16,49	6,23	20,4
9	30	57,31	0,6449	94,67	1,4200	0,70	6,70	42,69	0,4784	8,33	5,74	16,6
10	30	2,87	0,0618	4,62	2,4408	3,64	4,85	97,43	2,079	98,38	2,44	21,0
11	30	5,47	0,0521	20,06	1,0088	0,26	4,16	94,83	0,9567	79,94	44,9	40,7
12	45	10,54	0,2726	25,40	2,5866	4,11	5,44	89,46	2,344	74,90	3,09	26,7
13	45	34,60	0,4426	84,34	1,4926	0,51	4,58	65,40	0,7800	48,69	4,47	48,0
14	45	36,92	0,4233	82,36	1,4466	0,51	4,66	63,08	0,7233	47,64	4,10	47,2
15	45	48,80	0,4610	86,95	0,9446	0,53	4,94	54,20	0,4836	43,05	3,74	43,4
16	47	4,55	0,1938	40,84	4,3008	4,84	5,95	95,45	4,105	89,49	4,60	43,5
17	47	6,59	0,2834	46,74	4,2034	4,69	6,91	93,44	4,040	83,26	4,82	43,9
18	47	9,50	0,3820	28,32	4,0220	4,34	7,48	90,50	3,640	74,68	5,08	43,0
19	47	48,95	0,8854	87,52	1,8088	4,04	9,46	54,05	0,9234	42,48	7,40	26,4

thun haben. Das Molekül dieser Salze spaltet sich schon in drei Ionen, entsprechend der Gleichung  $Ba(NO_3)_2 = Ba + 2(NO_3)$ . Indessen bei concentrirten Lösungen dürfte eher eine Dissociation entsprechend der Gleichung  $Ba(NO_3)_2 = BaNO_3 + NO_3$  in Frage kommen, und demgemäss habe ich auch nicht den Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$ , sondern  $\frac{c_1}{\sqrt[3]{x_1}}$  berechnet. Wenn man nun in dieser Hinsicht die Tabelle 5 betrachtet, so findet man, dass schon der Quotient  $\frac{c_1}{\sqrt[3]{x_1}}$  mit zunehmendem  $c$  und  $x$  ansteigt, der Quotient  $\frac{c_1}{\sqrt[3]{x_1}}$  müsste also in noch höherem Grade ansteigen. In dem gleichem Maasse wie  $\frac{c_1}{\sqrt[3]{x_1}}$  grösser wird, fällt dagegen der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  ab. Zieht man nun in Erwägung, dass die Gesamtconcentration mit wachsendem  $c_1$  geringer wird, die Dissociation  $\gamma$  also ansteigt, so folgt, dass für den Quotienten  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1}$  sich die Inconstanz noch ein wenig grösser gestalten muss. Für den Quotienten  $\frac{c_1[1 + \gamma(\sqrt[3]{x_1} - 1)]}{x_1}$  darf man dagegen allem Anscheine nach völlige Constanz erwarten; leider lassen sich die Werthe — so lange man nicht die Dissociation näher kennt — nicht genau berechnen. Jedenfalls kann aber nach Maassgabe der Theorie der festen Lösungen die Molekulargrösse des Baryumnitrats im krystallisirten Zustande einzig der normalen chemischen Formel entsprechen.

Zu den gleichen Schlussfolgerungen kommt man dann auch, wenn man die maassgebenden Werthe für den Bleisalpeter discutirt, und damit stimmen auch die Versuche von Hertz vollständig überein, wie die S. 369 folgende Tabelle Nr. 6 lehrt.

Von besonderem Interesse sind hier die auf den Bleisalpeter bezüglichen Quotienten, denn die verdünnten festen Lösungen dieses Körpers ergeben eine recht vollständige Reihe. Der Quotient  $\frac{c_2}{\sqrt[3]{x_2}}$  steigt schon bis zum Vierfachen seines anfänglichen Werthes, der Quotient  $\frac{c_2}{x_2}$  zeigt dagegen anfänglich auch ein geringes Ansteigen, fällt dann aber merklich ab.

Dieses Verhalten ist zwar nicht normal, aber es scheint mir doch nicht ganz unverständlich zu sein. Die Gesamtconcentration nimmt hier stark zu, die Dissociation also ab, und dementsprechend haben wir den Fall 5 (vergl. S. 344) vor uns, bei dem die Veränderungen der Dissociation der Abnahme der Quotienten  $\frac{c}{x}$  entgegen wirken.

Ausserdem kommt aber noch in Betracht, dass hier etwas andere Ver-

Tabelle 6 (zu S. 368).

$Ba(NO_3)_2$ ,  $Pb(NO_3)_2$ .

Nr. des Versuches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. % $Ba(NO_3)_2$ in der Lösung	$c_1$ mg Mol. $Ba(NO_3)_2$ in 1 l	$x_1$ Mol. % $Ba(NO_3)_2$ in den Kryst.	$c_1 + c_2$ Gesamtconcentration	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. % $Pb(NO_3)_2$ in der Lösung	$c_2$ Mol. mg $Pb(NO_3)_2$ in 1 l	$x_2$ Mol. % $Pb(NO_3)_2$ in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$	Temp. 25°
1	1,079	100,00	391,00	100,00	391,00	3,91	39,1	0,0	0,00	0,00	—	—	
2	1,088	79,78	210,10	98,30	263,47	2,13	21,2	20,22	53,27	1,70	31,3	40,9	
3	1,108	68,70	330,70	96,74	481,40	3,42	33,6	31,30	130,70	3,26	46,2	58,5	
4	1,119	59,69	304,90	94,80	510,60	3,24	31,3	40,31	203,70	5,20	39,6	90,2	
5	1,140	50,09	294,40	93,62	588,0	3,14	30,4	49,91	293,60	6,38	46,0	92,3	
6	1,163	40,34	266,80	92,49	661,8	2,89	27,7	59,69	395,00	7,51	52,6	144,2	
7	1,198	32,03	232,50	90,07	788,4	2,63	26,6	67,97	535,60	9,93	53,9	170,0	
8	1,252	22,94	222,60	83,47	971,10	2,67	24,4	77,09	748,50	46,53	45,3	184,1	
9	1,294	8,11	99,17	75,44	1109,27	4,35	11,4	91,09	1010,3	24,56	41,4	161,9	
10	1,376	7,77	110,30	85,11	1408,3	3,44	18,6	92,23	1298,0	64,89	20,0	161,9	
11	1,459	0,00	—	0,00	1673	—	—	100,00	1673,0	100,00	16,7	167,3	



hältnisse vorliegen; die Dissociation ist ja eine doppelte, einerseits gemäss der Gleichung  $Pb(NO_3)_2 = PbNO_3 + NO_3$ , andererseits entsprechend der Gleichung  $Pb(NO_3)_2 = Pb + (NO_3)_2$ . Es kann deshalb auch nicht eine Constanz des Quotienten  $\frac{c[4 + \gamma(\sqrt{x} - 4)]}{x}$  erwartet werden, sondern der Ausdruck,

von dem hier Constanz zu fordern ist, muss complicirter sein. Er setzt sich eventuell aus drei Componenten zusammen und lautet:

$$\frac{c[4 - (\gamma_1 + \gamma_2)]}{x} + \frac{c\gamma_1}{\sqrt{x}} + \frac{c\gamma_2}{\sqrt[3]{x}} = \text{const.},$$

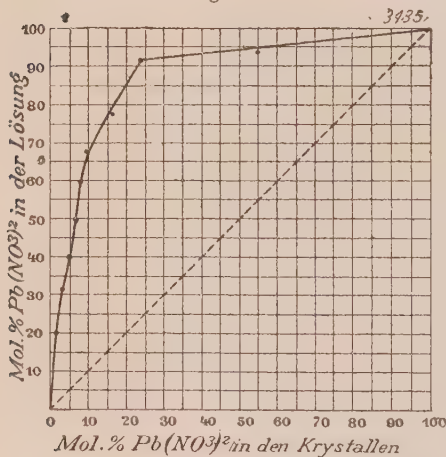
wenn  $\gamma_1$  denjenigen Bruchtheil der Moleküle bezeichnet, welcher gemäss der Gleichung  $Pb(NO_3)_2 = PbNO_3 + NO_3$  zerfallen ist, dagegen  $\gamma_2$  denjenigen Bruchtheil, welcher analog  $Pb(NO_3)_2 = Pb + 2NO_3$  sich verhält. Eine nähere Prüfung dieses Ausdruckes dürfte zur Zeit noch nicht möglich sein. Jedenfalls kann aber wohl in Ansehung aller Verhältnisse kein Zweifel darüber aufkommen, dass die Molekulargrösse im krystallisirten Zustande

bei diesem Salzpaaire nur der normalen chemischen Formel zu entsprechen vermag.

Mit den Ergebnissen von Ambronn und Leblanc<sup>1)</sup> stimmt dieses Resultat freilich wenig überein, aber ich möchte auch annehmen, dass die Schlussfolgerungen jener Forscher der Begründung entbehren, und in einer neueren Publication<sup>2)</sup> scheinen sie diesen Standpunkt auch ja selbst zu vertreten.

Der Zusammenhang zwischen Lösung und Mischkrystallen hinsichtlich der Zusammensetzung findet sich nebenstehend graphisch dargestellt; er entspricht, wie auch schon Hertz angiebt, dem Falle I von Bakhuis-Roozeboom.

Fig. 5.



### 8. Bleinitrat, Strontiumnitrat.

Auch das obengenannte Salzpaaire ist bereits von Hertz<sup>3)</sup> in Bezug auf seine Mischbarkeit studirt worden. Die Versuche sind indessen ziemlich unvollständig, und berechnet man aus den angegebenen Zahlen die

1) l. c.

2) Zeitschr. f. phys. Chem. 1897, 22, 421.

3) Inaug.-Diss. Berlin 1895, S. 17.

für die Molekulargrösse maassgebenden Quotienten, so erhält man zum Theil ganz sonderbare Resultate. In der Tabelle 7 (S. 372) finden sich die sämmtlichen, in dieser Hinsicht in Betracht kommenden Werthe zusammengestellt. Hertz hatte zwei verschiedene Versuchsreihen ange stellt, in der Tabelle sind die bezüglichlichen Werthe combinirt worden; die-jenigen, welche der ersten Reihe angehören, sind in der Colonne der Ver-suchsnummern durch Hinzufügung eines a ausgezeichnet worden, während diejenigen Werthe, welche der zweiten Reihe angehören, durch ein b ge-kennzeichnet werden.

Betrachtet man die maassgebenden Quotienten, so findet man zunächst für den Bleisalpeter, dass der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$ , abgesehen von den Versuchen Nr. 5b und 3a, so gut wie constant ist, während der Quotient  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  mit zu-nehmendem  $c_1$  und  $x_1$  grösser wird. Der Quotient  $\frac{c_1}{\sqrt[3]{x_1}}$  müsste also in noch höherem Grade ansteigen. Zieht man sodann des weiteren in Er-wägung, dass die Gesamtconcentration recht erheblich ist, die Dissociation also nur gering sein kann, so dürften die Resultate — falls man nur von den Versuchen Nr. 5b und 3a abstrahirt — mit der Annahme, dass die Molekulargrösse der einfachen chemischen Formel entspricht, leicht in Ein-klang zu bringen sein.

Anders gestalten sich dagegen die Verhältnisse, wenn man die zweite Componente, den Strontiumsalpeter, ins Auge fasst. Hier macht man die auffällige Beobachtung, dass beide Quotienten  $\frac{c_2}{x_2}$  und  $\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$  mit zuneh-mendem  $c_2$  und  $x_2$  kleiner werden. Es müsste sonach ein Quotient  $\frac{c_2}{\sqrt[3]{x_2}}$

bezw.  $\frac{c_2}{\sqrt[4]{x_2}}$  constant werden, und dementsprechend wird man hier vor die Frage gestellt, ob nicht die Molekulargrösse des Strontiumnitrats im kry-stallisirten Zustande drei- bis viermal so gross anzunehmen ist, als die einfache chemische Formel angiebt. Eine solche Annahme schien mir aber zu unwahrscheinlich, und deshalb habe ich das Salzpaar von Neuem studirt.

Die Anordnung der Versuche erfolgte nach der im Abschnitt II S. 347 beschriebenen dritten Methode. Bei denjenigen Lösungen, welche vorwie-gend Strontiumsalz enthielten, wurde das Blei mit Schwefelwasserstoff ge-fällt und sodann nach dem Glühen im Wasserstoffstrome als  $PbS$  zur Wä-gung gebracht. Bei denjenigen Lösungen dagegen, welche mehr Bleisal-peter enthielten, wurde zwar das Blei ebenfalls mit Schwefelwasserstoff

Tabelle 7 (zu S. 371).

 $Pb(NO_3)_2, Sr(NO_3)_2$ .

Temperatur 250

Nr. des Versuches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. % $Pb(NO_3)_2$ in der Lösung	$c_1$ mg Mol. $Pb(NO_3)_2$ in 1 l	$x_1$ Mol. % $Pb(NO_3)_2$ in den Kryst.	$c_1 + c_2$ Gesamtconcentration	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. % $Sr(NO_3)_2$ in der Lösung	$c_2$ mg Mol. $Sr(NO_3)_2$ in 1 l	$x_2$ Mol. % $Sr(NO_3)_2$ in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$ $\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
2b	4,434	64,42	4203	99,26	1876	44,84	420,7	33,88	673	0,74	783
3b	4,435	53,46	4474	97,09	2202,6	42,06	448,4	46,84	4081,6	2,94	605
4b	4,447	38,23	4436,7	94,04	2823,8	45,28	448,2	61,77	4387,4	5,99	566
2a	4,447	52,82	4245	88,80	2337	44,02	432,4	47,48	4442	44,20	332
5b	4,532	8,25	266,4	76,48	3233,4	3,48	30,43	94,75	2067,3	23,52	427
3a	4,419	20,38	476,3	75,02	2839,4	6,35	54,99	79,62	4863,4	24,98	373
4a	4,523	10,63	490,6	34,57	4647,4	44,49	83,44	89,37	4426,8	65,43	511
6b	4,528	10,77	289,9	35,42	2696,2	41,40	57,50	89,23	2406,3	74,58	279
5a	4,524	44,20	282,9	20,64	4996,4	43,71	62,27	85,80	4743,2	79,36	492

Tabelle 8 (zu S. 373).

 $Pb(NO_3)_2, Sr(NO_3)_2$ .

Temperatur 250

1	4,4473	100,00	4399	100,00	4399	44,0	140	0,0	0,0	0,00	—
2	4,4336	87,44	4525	99,03	4740,6	45,4	453	42,39	215,6	0,95	221,4
3	4,4288	78,68	4449	98,41	4803,4	44,4	443	21,32	384,4	4,89	279,9
4	4,4263	56,39	4088	97,02	4929,6	41,2	414	43,61	841,6	2,98	487,4
5	4,4245	60,29	4344	96,06	2329,4	44,0	437	39,71	885,4	3,94	446
6	4,4468	33,70	762,0	83,84	2447,0	9,4	83,2	66,30	4655	46,16	410
7	4,4867	24,58	577,8	32,88	2350,8	47,6	401	75,42	4773	67,42	245
8	4,5144	0,00	0,0	0,00	3356	—	—	100,00	3356	100,00	336

ausgefällt, aber nicht gewogen, sondern nach dem Abfiltriren und Einengen der Lösung das Strontium unter Zusatz von Alkohol als Sulfat gefällt und als solches auch zur Wägung gebracht.

In der Tab. 8 (S. 372) finden sich die in dieser Weise erhaltenen Zahlenwerthe zusammengestellt. Der Quotient  $\frac{c_2}{x_2}$  erwies sich hier als annähernd

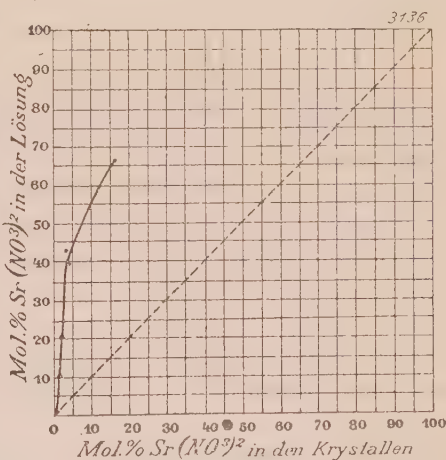
constant, während  $\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$  mit zunehmenden  $c_2$  und  $x_2$  grösser wird. Die

Versuche stehen also mit der Annahme der einfachen Molekulargrösse vollständig im Einklange; denn der Versuch Nr. 7 scheidet aus, weil hier die regulären Mischkrystalle sich bereits in die monokline Modification, welche zwei Moleküle Krystallwasser einschliesst, umgewandelt hatten.

Die auffälligen Resultate von Hertz sind also, soweit die Krystalle mit geringem Strontiumgehalte in Betracht kommen, durch Versuchsfehler zu erklären — und das hält auch wohl nicht schwer, wenn man nur bedenkt, dass Hertz das Strontium indirect bestimmte, dass ferner das käufliche Strontiumsalz regelmässig grössere Mengen von Calcium etc. enthält, und dass sich diese Verunreinigungen schliesslich noch in einzelnen Lösungen anhäufen konnten.

Die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung der Lösung und der Zusammensetzung der Mischkrystalle finden sich — soweit sie von mir verfolgt wurden — nebenstehend graphisch dargestellt. Für das wasserhaltige Salz  $Sr(NO_3)_2 + 2H_2O$  habe ich die Verhältnisse nicht studirt. Hertz scheint diesen Umstand, dass hier zweierlei Krystalle auftreten können, nicht in Betracht gezogen zu haben, und dementsprechend sind seine Resultate, was die Krystalle mit hohem Strontiumgehalt angeht, schlechthin als unbrauchbar anzusehen.

Fig. 6.



## 9. Kaliumsulfat, Ammoniumsulfat.

Die Sulfate des Kaliums und Ammoniums sind schon früher von mir<sup>1)</sup> studirt worden, indessen haben die erlangten Resultate zur Erörterung der Molekulargrösse keine nähere Verwendung gefunden; auch ist die Unter-

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 1893, 12, 657.



suchung keine vollständige. Es wurde deshalb zunächst die nöthige Ergänzung durchgeführt. Die Anordnung der Versuche erfolgte hierbei in der der früher beschriebenen gleichen Weise. Die Mischkrystalle wurden durch freiwilliges Verdunsten der Lösungen in einem Kellerraume erzielt, der annähernd constante Temperatur zeigte. Sobald sich eine genügende Menge Substanz abgeschieden hatte, wurde sie herausgenommen und ebenso wie die Lösung analysirt, die restirende Lösung aber nach weiterem Zusatz von dem einen Salz zur Herstellung fernerer Mischkrystalle benutzt. Was die Analysen anbetrifft, so erfolgte die Trennung der beiden Componenten ebenfalls durch Glühen. Da bei diesen Versuchen die Temperatur des Kellers bzw. der Lösungen Schwankungen von mehreren Graden zeigte, schien es mir angebracht, auch den Einfluss der Temperatur etwas näher zu studiren. Es wurden deshalb auch einige Versuche bei Temperaturen von  $30^{\circ}$  bzw.  $46^{\circ}$  in einem Ostwald'schen Thermostaten angestellt, und sie ergaben ganz unzweideutig, dass hier die Temperaturschwankungen des Kellers das allgemeine Resultat nicht merklich beeinflussen können.

Die sämmtlichen, in dieser Weise erhaltenen Werthe finden sich in der S. 375 folgenden Tabelle 10 zusammengestellt; die früher ermittelten Zahlenwerthe bilden die Tabelle 9; die letzteren sind etwas umgerechnet worden, da es mir jetzt vortheilhaft erscheint, in den Fällen, wo eine Dichtebestimmung der Lösung fehlt, und demnach eine exacte Berechnung der eigentlichen »räumlichen Concentration« doch nicht möglich ist, anzugeben, wie viel Moleküle Salz auf 400 Moleküle Wasser kommen. Dass man mit diesen Zahlen zu dem gleichen Resultate gelangt, wie mit der eigentlichen räumlichen Concentration, dürfte schon a priori sicher sein. Um indessen den directen Beweis für die Zulässigkeit des Verfahrens zu erbringen, und um namentlich auch den möglichen Einwurf zu beseitigen, dass beim Schütteln der Lösungen, also bei vollständiger Herstellung des Gleichgewichtes zwischen Lösung und Mischkrystallen, vielleicht andere Zahlen resultiren würden, habe ich später noch eine zweite Versuchsreihe angestellt, welche sich auf Mischkrystalle von der verschiedensten Zusammensetzung erstreckte, und bei der ganz in der gleichen Weise gearbeitet wurde, wie dies im Abschnitt II S. 347 als dritte Methode beschrieben steht. Die so erhaltenen Zahlenwerthe finden sich in der Tabelle 11 (S. 376) vereinigt und stimmen in Hinsicht auf die Verschiedenheit des Verfahrens mit denen der Tabellen 9 und 10 wohl gut überein. Auffällig bleibt es aber, dass trotz der grösseren Sorgfalt, welche hier auf die Erreichung des Gleichgewichtes, sowie auf die Constanz der Temperatur gelegt wurde, die Genauigkeit der gefundenen Zahlen durchaus keine grössere zu sein scheint. Man muss daraus wohl schliessen, dass die grössten Fehlerquellen bei diesem Salzpaare theils in den Analysen selbst stecken, theils in Veränderungen der Löslichkeit durch Verunreinigungen der Salze zu suchen sind.

Tabelle 9 (zu S. 374).

 $K_2SO_4, (NH_4)_2SO_4$ 

Nr. des Versuches	t Temperatur	$\eta_1$ Mol. $\frac{0}{100}$ ( $NH_4$ ) $_2SO_4$ in der Lösung	$c_1'$ Mol. ( $NH_4$ ) $_2SO_4$ auf 100 Mol. $H_2O$	$x_1$ Mol. $\frac{0}{100}$ ( $NH_4$ ) $_2SO_4$ in den Kryst.	$c_1' + c_2'$	$\frac{c_1'}{x_1}$	$\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}}$	$\frac{2}{2}$ Mol. $\frac{0}{100}$ $K_2SO_4$ in der Lösung	$c_2'$ Mol. $K_2SO_4$ auf 100 Mol. $H_2O$	$x_2$ Mol. $\frac{0}{100}$ $K_2SO_4$ in den Kryst.	$\frac{c_2'}{x_2}$	$\frac{c_2'}{\sqrt{x_2}}$
1	circa 170	55,3	4,842	40,60	9,377	0,174	0,557	44,7	4,465	89,40	0,0164	0,455
2	—	63,03	2,254	44,90	3,458	0,189	0,653	36,97	4,204	88,40	0,014	0,428
3	—	70,4	2,720	43,70	3,864	0,198	0,735	29,6	4,144	86,30	0,013	0,423
4	—	72,2	2,928	44,44	4,057	0,207	0,648	27,8	4,129	85,86	0,013	0,422
5	—	73,4	3,057	44,90	4,182	0,205	0,732	26,9	4,125	86,10	0,013	0,421
6	—	74,1	3,296	45,77	4,448	0,209	0,830	25,9	4,152	84,23	0,014	0,426
7	—	76,43	3,704	48,74	4,846	0,198	0,856	23,57	4,142	81,26	0,014	0,427
8	—	86,64	5,800	34,36	6,6942	0,185	1,04	44,36	0,8942	68,64	0,013	0,408
9	—	88,54	6,596	35,07	7,498	0,188	1,11	44,46	0,8538	64,93	0,013	0,406
40	—	89,40	7,009	41,97	7,8209	0,167	1,08	40,60	0,8119	58,03	0,014	0,407
41	—	91,44	7,879	47,86	8,498	0,165	1,14	8,59	0,7408	32,14	0,014	0,403
42	—	92,44	9,096	49,53	9,8429	0,184	1,29	7,59	0,7469	50,47	0,015	0,405

Tabelle 10 (zu S. 374).

 $K_2SO_4, (NH_4)_2SO_4$ 

1	45°	92,58	8,52	64,01	9,3822	0,433	4,07	7,42	0,7622	35,99	0,024	0,127
2	45½	92,73	8,09	69,89	8,380	0,416	0,968	7,27	0,7480	30,41	0,025	0,126
3	46	93,16	8,84	76,50	9,2894	0,416	1,04	4,84	0,4494	23,50	0,019	0,093
4	48	95,52	8,94	82,20	9,3596	0,409	0,936	4,48	0,4196	47,80	0,024	0,099
5	43½	93,87	9,25	84,69	9,6180	0,413	1,02	4,13	0,3980	48,34	0,022	0,093
6	44	97,54	9,54	90,60	9,7494	0,405	0,999	2,46	0,2394	9,40	0,024	0,078
7	45	99,00	9,84	97,60	9,9093	0,404	0,996	4,00	0,0693	2,40	0,029	0,045
8	30	92,96	8,92	69,66	9,3955	0,428	1,07	7,04	0,6755	30,34	0,022	0,123
9	30	97,50	9,69	93,00	9,9383	0,404	1,05	2,50	0,2483	7,00	0,035	0,094
40	30	99,43	9,56	98,00	9,6453	0,0976	0,988	0,57	0,0553	2,00	0,028	0,039
41	46	93,88	9,87	79,18	10,5432	0,425	1,16	6,42	0,6432	20,82	0,031	0,444
42	47	95,20	10,28	81,50	10,7985	0,426	1,14	4,80	0,5185	48,50	0,028	0,452

Tabelle 11 (zu S. 374).

 $K_2SO_4, (NH_4)_2SO_4$ .

Temperatur 25°

Nr. des Versuches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. % ( $NH_4$ ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in der Lösung	$c_1$ mg Mol. ( $NH_4$ ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in 1 l	$x_1$ Mol. % ( $NH_4$ ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in den Kryst.	$c_1 + c_2$	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. % K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in der Lösung	$c_2$ mg Mol. K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in 1 l	$x_2$ Mol. % K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	1,0863	0,00	0,00	0,00	734	—	—	100,00	734	100,00	7,34	73,4
2	1,1235	37,39	458,0	5,62	4225	81,5	493,2	62,64	767	94,38	8,13	78,9
3	1,1487	52,90	874,6	8,72	4653,4	100,3	295,5	47,40	778,5	94,28	8,53	84,5
4	1,1920	78,62	1387	13,23	2298,4	104,8	372,6	24,38	941	86,77	10,50	97,8
5	1,2000	84,50	2126	19,95	2609	106,6	476,0	18,50	483	80,05	6,04	54,0
6	1,2154	86,05	2532	22,08	2943	114,7	538,8	13,95	441	77,92	5,28	46,6
7	1,2257	88,87	2685	34,37	3025	85,6	479,4	11,43	340	68,63	4,56	44,0
8	1,2266	89,60	2386	34,05	3333	87,7	511,7	10,40	347	65,95	5,26	42,7
9	1,2465	94,02	3650	72,47	3884	50,4	428,8	5,98	234	27,53	8,40	44,0
10	1,2470	96,25	3844	84,47	3994	45,6	418,7	3,75	450	45,93	9,48	37,6
11	1,2453	100,00	4400	100,00	4400	44,0	410,0	0,00	0,00	0,00	—	—

Die Trennung der Componenten erfolgt ja freilich durch eine sehr einfache Operation, nämlich durch Glühen; aber es muss einerseits auch recht stark gegläht werden, um die letzten Spuren von Ammoniumsulfat auszutreiben, und andererseits wird bei nicht ganz vorsichtigem und langsamem Verfahren leicht ein Theil des Kaliumsulfats mechanisch mit fortgerissen.

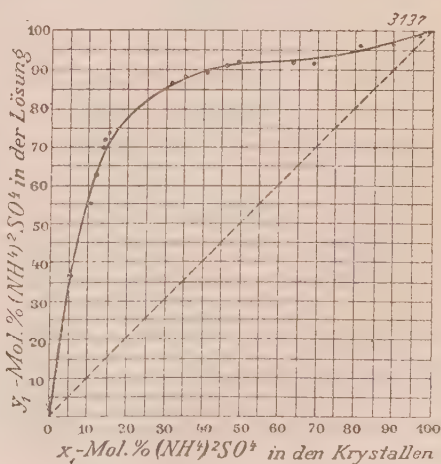
Was dagegen die Veränderung der Löslichkeit durch Verunreinigungen betrifft, so sind die schwer löslichen Salze, wie schwefelsaures Kalium, in dieser Beziehung sehr empfindlich, und es könnte wohl möglich sein, dass die jedem käuflichen Salz schliesslich anhaftenden Verunreinigungen sich in einzelnen Lösungen besonders angehäuft haben. Bei Ausführung der Versuche war ich mit dieser Fehlerquelle noch nicht näher bekannt. Indessen alle diese Verhältnisse reichen nicht hin, um das Endresultat, das hier in Frage steht, irgendwie beeinflussen zu können.

Die Betrachtung der maassgebenden Quotienten, wie sie sich in den Tabellen finden, lehrt sofort, dass an der Hand der Theorie der festen Lösungen nur eine Deutung möglich ist, nämlich die, dass die Molekulargrösse im krystallisirten Zustande den normalen Formeln  $K_2SO_4$  und  $(NH_4)_2SO_4$  entspricht. Die Quotienten  $\frac{c_1'}{x_1}$  bzw.  $\frac{c_2'}{x_2}$  nehmen allgemein mit zunehmendem  $c$  und  $x$  ab, die Quotienten  $\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}}$  bzw.  $\frac{c_2'}{\sqrt{x_2}}$  dagegen zu, ganz so wie dies unter der Annahme, dass  $\frac{c[4 + \gamma(\sqrt{x} - 1)]}{x}$  constant ist, bei mittlerer Dissociation der Fall sein muss.

Zwar macht sich in der Tabelle 44 hinsichtlich der Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  ein anfängliches Ansteigen bemerkbar, aber es will auch beachtet sein, dass hier die Gesamtkonzentration stark zunimmt, die Dissociation also zurückgeht, und demgemäss — entsprechend dem Falle 5 (Abschn. I S. 344) — die geforderte Abnahme der Quotienten eine Verlangsamung erleidet.

Ausserdem kommt aber noch in Betracht, dass hier die Möglichkeit der Bildung des Molekülcomplexes  $KNH_4SO_4$  vorliegt, und wie weit dadurch eine Störung der geforderten Beziehungen bewirkt werden kann, lässt sich zur Zeit wohl noch nicht genügend ab-

Fig. 7.





grenzen. Zu Bedenken gegen die obigen allgemeinen Schlussfolgerungen scheint mir aber jedenfalls keine Veranlassung gegeben zu sein.

Die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung der Lösung einerseits und derjenigen der Mischkrystalle andererseits finden sich auf S. 377 graphisch aufgezeichnet; sie entsprechen dem Falle I von Bakhuis-Roozeboom.

### 10. Kaliumsulfat, Kaliumchromat.

Das Salzpaar Kaliumsulfat, Kaliumchromat wurde in den Kreis der Untersuchungen gezogen, um es in Parallele stellen zu können mit dem Salzpaare Kaliumsulfat, Ammoniumsulfat. Bei der Verbindung der zweibasischen Säuren lässt sich ja zur Zeit der Grad der Dissociation nur schwer und unvollkommen bestimmen; um aber dennoch den Resultaten auch bei dieser Körperklasse eine möglichst allgemeine Gültigkeit zu verschaffen, schien es mir angezeigt, auch zu untersuchen, wie weit etwa hierbei der Charakter des Ions von Einfluss sein könnte. Bei dem Salzpaare Kaliumsulfat, Kaliumchromat stimmen die elektropositiven Ionen überein, während die elektronegativen verschieden sind; bei dem Salzpaare Kaliumsulfat, Ammoniumsulfat liegen die Verhältnisse dagegen umgekehrt. Ausserdem kommt aber noch in Betracht, dass bei dem letzteren Salzpaare sich ein Molekülcomplex  $KNH_4SO_4$  bilden kann, während eine analoge Bindung bei dem ersteren nicht möglich ist.

Das Salzpaar Kaliumsulfat, Kaliumchromat ist übrigens auch schon von Hertz<sup>1)</sup> studirt worden, doch haben seine Resultate bisher zu Erörterungen über die Molekulargrösse keine Verwendung gefunden. In der folgenden Tabelle 42 habe ich die von ihm erhaltenen Zahlenwerthe mit den von mir berechneten maassgebenden Quotienten zusammengestellt.

Was meine eigenen Versuche anbetrifft, so waren sie bereits beendet, bevor ich die Hertz'sche Arbeit einsehen konnte; und demgemäss war es nicht mehr möglich, seine Resultate bei der Anordnung der Versuche zu berücksichtigen. Die Bestimmung des Chromats erfolgte gleichfalls durch Titiren bezw. Rücktitiren mit Lösungen von schwefelsaurem Ammonium-eisenoxydul bezw. übermangansaurem Kalium. Zur Herstellung der Mischkrystalle diente die im Abschnitt II S. 347 näher beschriebene Methode. Die erhaltenen Zahlenwerthe finden sich in der Tabelle 43 verzeichnet.

Die Resultate stimmen mit denen von Hertz im Grossen und Ganzen gut überein. Der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  nimmt in beiden Tabellen mit wachsendem  $c_1$  und  $x_1$  stark ab, und da gleichzeitig die Gesammtconcentration zunimmt, so müsste die Grösse  $\frac{c_1(1-\gamma)}{x_1}$  noch stärker<sup>2)</sup> abnehmen.

1) Inaug.-Diss. Berlin 1895, S. 24.

2) Vergl. S. 339.

Tabelle 42 (zu S. 378).

 $K_2SO_4, K_2CrO_4$ .

Temperatur 25°

Nr. des Versuches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. 0/0 $K_2CrO_4$ in der Lösung	$c_1$ mg Mol. $K_2CrO_4$ in 4 l	$x_1$ Mol. 0/0 $K_2CrO_4$ in den Kryst.	$c_1 + c_2$	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. 0/0 $K_2SO_4$ in der Lösung	$c_2$ mg Mol. $K_2SO_4$ in 4 l	$x_2$ Mol. 0/0 $K_2SO_4$ in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	1,033	—	—	—	618,4	—	—	100,00	618,4	100,00	6,184	61,84
2	1,032	44,49	403	0,348	744,4	296,0	174,6	85,54	608,4	99,65	6,204	61,93
3	1,133	59,24	583,7	2,378	985,5	245,5	378,5	40,76	404,8	97,62	4,416	40,67
4	1,144	66,99	694,8	2,704	1032,8	255,8	420,7	33,04	344,0	97,30	3,516	34,63
5	1,170	79,94	1210,0	4,786	1544,0	232,8	553,4	20,09	304,0	93,24	3,493	34,15
6	1,234	89,50	1496	8,026	1670,8	186,4	528,4	10,50	174,8	94,97	1,904	18,23
7	1,295	93,37	2033	20,37	2178,2	99,84	445,7	6,63	145,2	79,63	1,823	16,27
8	1,356	95,79	2523	74,57	2633,7	35,25	298,2	4,21	110,7	28,43	3,894	20,76
9	1,384	97,44	2724	82,24	2803,38	33,44	300,4	2,86	79,38	17,79	4,462	18,82
10	1,377	96,40	2687	97,59	2787,6	27,53	272,0	3,60	100,6	2,44	41,74	64,80
11	1,377	98,34	2818	100,00	2833,04	28,18	281,8	1,69	15,04	—	—	—
12	1,398	100,00	2847	100,00	2847	28,47	284,7	0,00	0,00	—	—	—

Tabelle 13 (zu S. 378).

 $K_2SO_4, K_2CrO_4$ .

Temperatur 25°

Nr. des Ver- suches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. % $K_2CrO_4$ in der Lös.	$c_1'$ Mol. $K_2CrO_4$ auf 100 Mol. $H_2O$	$c_1$ mg Mol. $K_2CrO_4$ in 1 l	$x_1$ Mol. % $K_2CrO_4$ in den Kr.	$c_1 + c_2$	$\frac{c_1'}{x_1}$	$\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}}$	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$\frac{y_2}{2}$ Mol. % $K_2SO_4$ in der Lös.	$c_2$ mg Mol. $K_2SO_4$ in 1 l	$x_2$ Mol. % $K_2SO_4$ in den Kr.
1	1,0863	0,00	0,00	0,00	0,00	734	—	—	—	—	400,00	734	400,00
2	1,0894	7,54	0,0967	52,0	0,093	692	1,04	0,32	559	170	92,49	640	99,94
3	1,0934	44,35	0,493	403,4	0,247	720,4	0,89	0,44	475	224	85,65	617	99,78
4	1,1129	39,86	0,634	366,4	0,93	919,4	0,68	0,65	394	380	60,44	553	99,07
5	1,1235	49,45	0,854	452,7	1,50	945,7	0,57	0,70	302	370	55,55	463	98,49
6	1,1544	66,62	1,43	750,3	2,96	1126,3	0,61	1,05	253	436	33,38	376	97,03
7	1,1700	77,28	1,82	948,2	3,92	1227,2	0,46	0,92	242	479	22,72	279	96,07
8	1,1786	86,26	1,89	1005	5,74	1465,2	0,33	0,79	175	449	13,74	160	94,25
9	1,2255	90,59	2,89	1469	11,23	1622	0,20	0,77	103	389	9,44	153	85,77
10	1,3526	95,43	5,18	2455	36,30	2481	0,14	0,86	67,6	407	4,87	126	63,70
11	1,3688	98,94	5,73	2684	74,27	2977	0,08	0,67	36,4	311	1,09	296	25,73
12	1,3784	100,00	5,93	2745	100,00	2745	0,06	0,59	27,45	274,5	0,00	0,00	0,00

Der Quotient  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  nimmt dagegen mit wachsendem  $c_1$  und  $x_1$  schon zu,  $\frac{c_1}{\sqrt[3]{x_1}}$  müsste es also in noch höherem Grade thun. Wir gelangen also unter der somit nahe gelegten Annahme, dass auch der dissociirte Antheil für das Sättigungsgleichgewicht in Betracht kommt, zum Schlusse, dass die Molekulargrösse im krystallisirten Zustande hier der einfachen chemischen Formel entspricht, sowie dass die Dissociation einen mittleren Grad erreicht.

Zu dem gleichen Schlusse gelangt man auch — wie die Tabelle 43 lehrt — wenn man an Stelle des Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  etc. den Quotienten  $\frac{c_1'}{x_1}$  etc. discutirt. Die maassgebende Bedeutung des letzteren für die Molekulargrösse dürfte damit auch experimentell erhärtet sein.

Hinsichtlich der Quotienten  $\frac{c_2}{x_2}$  etc. bleibt zu bemerken, dass sie sich zur Erörterung der Molekulargrösse wenig eignen. Das Gleichgewicht zwischen Lösung und Mischkrystallen ist hier in dem Intervalle, wo letztere als verdünnte feste Lösungen gelten können, zu leicht empfindlich; ausserdem kommt noch in Betracht, dass gleichzeitig die Analysen — wegen der indirecten Bestimmung des Kaliumsulfats — nicht die gleiche Genauigkeit besitzen. Indessen scheinen mir diese Verhältnisse doch nicht zu genügen, um z. B. die auffälligen Zahlen des Versuchs Nr. 44 (Tabelle 43) zu erklären; ich möchte vielmehr annehmen, dass jene Anomalie — wie dies auch Hertz in ähnlichen Fällen thut — auf eine Ansammlung von Verunreinigungen in der Lösung zurückzuführen ist.

Was schliesslich die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung der Lösung  $y$  und der Zusammensetzung der Mischkrystalle  $x$  betrifft, so giebt Hertz <sup>1)</sup> an, dass sie dem Falle II von Bakhuis - Roozeboom entsprechen. Eine Lösung, die 97 Mol.-% Kaliumchromat enthält, soll ein Maximum des osmotischen Druckes besitzen, und dementsprechend muss eine solche Lösung, aus der sich Mischkrystalle von der gleichen Zusammensetzung ab scheiden, schliesslich beim Verdunsten einer jeden Lösung resultiren.

Die in den Tabellen enthaltenen Zahlenwerthe dürften aber trotz der vorhandenen Anomalien zu Zweifeln an der Richtigkeit dieser Angaben Veranlassung geben; ich habe deshalb zur Entscheidung der Frage eine weitere Reihe von Versuchen angestellt, deren Ergebnisse sich nachstehend verzeichnet finden.

4) Inaug.-Dissertat. Berlin 1895, S. 27.

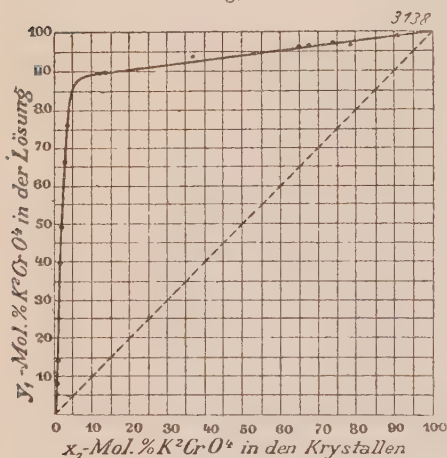


Mol.-% $K_2CrO_4$ in der Lösung	Mol.-% $K_2CrO_4$ in den Krystallen
92,80	61,00
96,86	65,07
97,30	67,47
97,76	79,84
97,78	78,35
99,64	94,00

Diese Zahlen wurden in anderer Weise erhalten als die bisher angeführten, sowie diejenigen von Hertz. Die Ausführung der Analysen erfolgte hier in der Weise, dass nicht das Chromat, sondern das Sulfat

d. i. der in geringer Menge vorhandene Bestandtheil, direct bestimmt wurde. Zu dem Ende musste die Chromsäure erst durch Erhitzen mit Alkohol und Salzsäure reducirt werden, sodann wurde — nach dem Verjagen des Alkohols — die Schwefelsäure mit Baryumchlorid gefällt und als Baryumsulfat zur Wägung gebracht.

Fig. 8.



Unter Benutzung dieser Zahlen lassen sich dann die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung der Lösung und derjenigen der Mischkrystalle durch die anliegende graphische Darstellung wiedergeben, welche aber nicht dem Falle II, sondern dem Falle I von Bakhuis-Roozeboom entspricht.

## 11. Bleiformiat, Baryumformiat.

Die Formiate des Baryums und Bleis werden allgemein für isomorph erachtet; sie krystallisiren beide rhombisch und zeigen ganz ähnliche Formen. Zwar ist der Unterschied in der Löslichkeit sehr erheblich, indessen fällt dieser Umstand nicht so sehr ins Gewicht, wenn man das Studium nur auf diejenigen verdünnten festen Lösungen beschränkt, welche vorwiegend den leichter löslichen Bestandtheil enthalten.

Die Versuche wurden genau in der Weise durchgeführt, wie sich dies im Abschnitt II S. 347 beschrieben findet. Behufs Feststellung der Zusammensetzung von Lösung und Mischkrystallen wurde das Blei mit gasförmigen Schwefelwasserstoff gefällt und schliesslich nach dem Glühen im Wasserstoffstrome als  $PbS$  zur Wägung gebracht.

Tabelle 14 (zu S. 384).  $Pb(CHO_2)_2$ ,  $Ba(CHO_2)_2$ . Temperatur 25°

Nr. des Versuches	$d$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. 0/0 $Pb(CHO_2)_2$ in der Lösung	$c_1$ mg Mol. $Pb(CHO_2)_2$ in 1 l	$x_1$ Mol. 0/0 $Pb(CHO_2)_2$ in den Kryst.	$c_1 + c_2$ Gesamml- concen- tration	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. 0/0 $Ba(CHO_2)_2$ in der Lösung	$c_2$ mg Mol. $Ba(CHO_2)_2$ in 1 l	$x_2$ Mol. 0/0 $Ba(CHO_2)_2$ in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	1,2204	0,00	0,00	0,00	1255	—	—	100,00	1255	100,00	12,55	125,5
2	1,2213	0,29	3,72	1,72	1263,72	2,17	2,84	99,71	1260	98,28	12,80	127,4
3	1,2254	0,74	9,44	5,29	1280,44	1,78	4,10	99,26	1271	94,74	13,42	130,6
4	1,2529	1,24	17,88	11,94	1435,88	1,50	5,18	98,76	1418	88,06	16,10	151,4
5	1,2344	2,94	38,49	24,81	1324,49	1,55	7,73	97,09	1286	75,19	17,10	148,3
6	1,2355	5,92	77,83	56,54	1314,83	1,38	40,27	94,08	1237	43,46	28,46	187,6
7	1,0914	100,00	95,50	100,00	95,50	0,95	9,55	0,00	0,00	0,00	—	—

Die Tabelle 44 (S. 383) enthält die gefundenen Zahlenwerthe. Keiner der berechneten maassgebenden Quotienten erweist sich als constant.

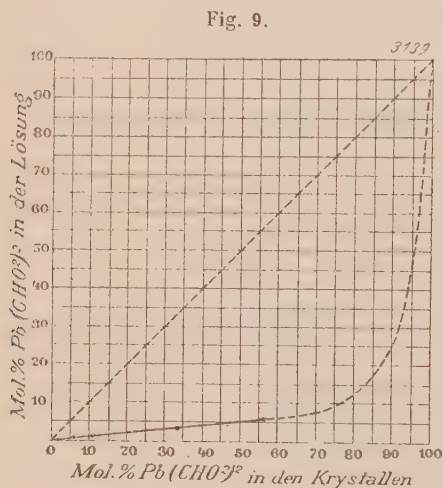
Der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  wird mit wachsendem  $c_1$  und  $x_1$  etwa bis zur Hälfte seines anfänglichen Werthes kleiner,  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  steigt dagegen bis zur dreifachen Höhe. Durch die Dissociation können dabei keinerlei Störungen hervorgerufen werden, denn die Gesamtkonzentration bleibt so gut wie constant.

Wir müssen also wohl schliessen, dass auch hier der dissociirte Antheil das Sättigungsgleichgewicht beeinflusst, dass aber in Hinsicht auf die geringere Veränderung des

Quotienten  $\frac{c_1}{x_1}$  — gegenüber  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$

— auch die Dissociation als verhältnissmässig gering anzunehmen ist. Des Weiteren ergibt sich dann, dass die Molekulargrösse im krystallisirten Zustande mit der einfachen chemischen Formel übereinstimmt.

Die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Mischkrystalle von der Zusammensetzung der Lösung ist nebenstehend — soweit sie



verfolgt wurde — graphisch aufgezeichnet worden. Es dürfte sich hiernach um den Fall I von Bakhuis-Roozeboom handeln.

## 12. Harnstoff, Sulfoharnstoff.

Bei denjenigen Kohlenstoffverbindungen, welche keinen ausgesprochenen sauren oder basischen Charakter tragen, dürfen in Hinsicht auf die vorliegende Frage wohl höchst einfache Verhältnisse zu erwarten sein. Die Dissociation ist hier gleich Null, und dementsprechend muss der einfache

Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  constant sein; ein Zweifel scheint mir kaum noch zulässig.

Das Studium der organischen Verbindungen würde — so zu sagen — erst dann von Wichtigkeit geworden sein, wenn sich bei den Salzen keine Gesetzmässigkeit ergeben hätte. Aber das Studium der indifferenten Kohlenstoffverbindungen ist zur Zeit noch mit manchen Unannehmlichkeiten verknüpft. Zunächst wissen wir zu wenig darüber, wie weit hier ein Zusammenkrystallisiren stattfindet, es werden also umfangreiche Vorversuche nothwendig. Sodann trifft es sich gewöhnlich, dass in den Fällen, wo die

Mischbarkeit besteht oder doch sicher zu erwarten ist, es an bequemen und zuverlässigen Trennungsmethoden fehlt.

Ich habe mich auf das Studium der beiden Verbindungen, Harnstoff und Sulfoharnstoff, beschränkt. Hier liess sich die Trennung in der Weise durchführen, dass man den Sulfoharnstoff mit Salpetersäure oxydirte und die entstehende Schwefelsäure als Baryumsulfat bestimmte. Bei der Ausführung der Versuche zeigte sich aber, dass beide Körper nie zusammenkrystallisiren; aus der gemeinsamen Lösung scheiden sie sich stets getrennt ab.

### 13. Kupfersulfat, Nickelsulfat.

Zur Feststellung der Molekulargrösse bei den krystallwasserhaltigen Verbindungen wurden zuerst die Sulfate des Nickels und des Kupfers studirt. Das Nickelsulfat krystallisirt bei Zimmertemperatur mit sieben Molekülen Wasser und zwar rhombisch sphenoidisch hemiëdrisch; bei Temperaturen über  $33^{\circ}$  schliesst es aber nur mehr sechs Moleküle Wasser ein und zeigt dann tetragonale Formen; schliesslich bei Temperaturen über  $60^{\circ}$  geht die tetragonale Form in eine monokline über, während der Wassergehalt derselbe bleibt. Das Kupfersulfat nimmt dagegen unabhängig von der Temperatur fünf Moleküle Wasser auf und zeigt stets trikline Formen. Trotzdem krystallisiren beide Salze — wie bekannt — leicht zusammen.

Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, dass die gemischte Lösung beider Körper in einem Ostwald'schen Thermostaten verdunstete; als constante Temperaturen wurden hierbei  $35^{\circ}$  und  $67^{\circ}$  gewählt. Behufs Trennung der Componenten wurde das Kupfer elektrolytisch gefällt und gewogen. Während die Versuche bei der Temperatur von  $67^{\circ}$  durchgeführt wurden, stand mir aber keine Batterie zur Verfügung; hier wurde deshalb das Kupfer mit Schwefelwasserstoff gefällt und nach dem Glühen und Erkalten im Wasserstoffstrome als  $\text{CuS}$  zur Wägung gebracht.

Die Mischkrystalle wurden vor der Analyse auf ihre Zugehörigkeit zum System geprüft, und die Entscheidung ist auf optischem Wege ja leicht und sicher durchzuführen.

Die tetragonalen Krystalle sind tafelförmig nach der Basis und lassen demnach im Polarisationsinstrumente sofort die Interferenzfigur der einaxigen Krystalle erkennen. Bei den erhaltenen Mischkrystallen waren aber die Bilder ohne Ausnahme gestört, sie erwiesen sich stets als zweiaxig und zeigten einen Axenwinkel bis zu  $10^{\circ}$ , der aber allgemein mit dem Orte variierte.

Die rhombischen Krystalle sind durch eine vollkommene Spaltbarkeit nach dem Brachypinakoid  $\{040\}$  ausgezeichnet, und senkrecht zu dieser Fläche steht die erste Mittellinie; auch hier ist demnach die Charakterisirung eine höchst einfache. Was schliesslich die monoklinen Formen anbetrifft, so zeigen



sie prismatischen Habitus und sind demgemäss auch bei geringster Grösse leicht daran zu erkennen, dass die Auslöschungsrichtung des Lichtes auf den Prismenflächen schief gegen die Kanten gestellt ist.

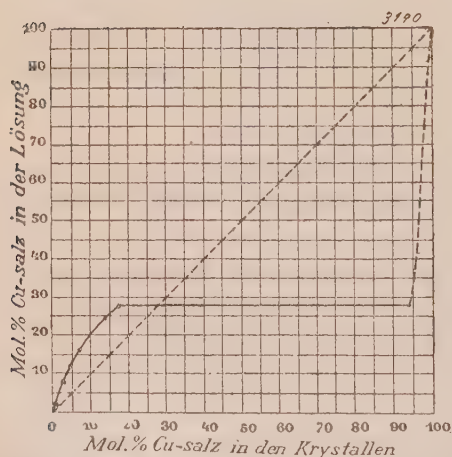
In der S. 387 folgenden Tabelle 15 finden sich die erhaltenen Zahlenwerthe zusammengestellt. Eine Betrachtung der bei 35° gewonnenen Resultate lehrt zunächst, dass auffälligerweise das Auftreten der rhombischen oder tetragonalen Formen in dem Verlaufe der maassgebenden Quotienten fast gar nicht bemerkbar wird; und desgleichen wird man vergeblich nach dem Einflusse des Krystallwassers suchen. Der Verlauf der Quotienten  $\frac{c_1'}{x_1'}$  und

$\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}}$  ist genau so, wie dies nach den vorangehenden Untersuchungen zu erwarten ist, wenn die Salze wasserfrei krystallisirten. Der erstere Quotient wird mit steigendem  $c_1$  und  $x_1$  kleiner, der letztere grösser ganz in dem Maasse, wie dies bei einem Salze mit merklicher Dissociation der Fall sein muss.

Ein Vergleich dieser Zahlen mit denjenigen, welche bei 67° erzielt wurden, zeigt dann, dass auch hier der Unterschied nur sehr gering ist, und jedenfalls lässt sich die vorliegende Dimorphie nicht auf eine verschiedene Grösse des Krystallmoleküls zurückführen. Bei dem Versuche Nr. 12 bestanden die Mischkrystalle aus zwei verschiedenen Sorten; sie waren theils monoklin, theils triklin; eine Trennung liess sich aber wegen der geringen Grösse nicht durchführen.

Das wichtigste Resultat bleibt aber jedenfalls die Thatsache, dass das

Fig. 10.

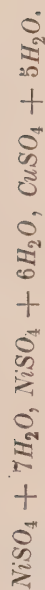


Krystallwasser keinen Einfluss auf die maassgebenden Quotienten ausübt. An der Hand der Theorie der festen Lösungen ist dies aber vollkommen verständlich. Die theoretischen Entwicklungen der Einleitung<sup>1)</sup> führten bereits zu dem Schlusse, dass der Einfluss der Wassers angenähert als constant zu gelten hat, d. h. seine Gegenwart kann sich in den vorliegenden Verhältnissen nicht bemerkbar machen, und das bestätigen ja eben die Versuche. Des Weiteren ergibt sich dann aber auch die wichtige Folgerung,

dass die Theorie kein Hilfsmittel liefert, um zu entscheiden, ob das

1) Vergl. S. 345.

Tabelle 15 (zu S. 386).



Nr. des Ver- suches	$t$ Tempe- ratur	Krystall- form	$y_1$ Mol. o/o Cu-Salz in der Lös.	$c_1'$ Mol. CuSO <sub>4</sub> auf 100 Mol. H <sub>2</sub> O	$x_1$ Mol. o/o Cu-Salz in den Kr.	$c_1' + c_2'$	$\frac{c_1'}{x_1}$	$\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. o/o Ni-Salz in der Lös.	$\frac{c_2'}{\text{Mol. Ni-Salzauf 100Mol. H}_2\text{O}}$	$x_2$ Mol. o/o Ni-Salz in den Kr.	$\frac{c_2'}{x_2}$	$\frac{c_2'}{\sqrt{x_2}}$
1	350	rhomb.	4,57	0,1083	0,35	6,9085	0,2759	0,463	98,43	6,800	99,65	0,0576	0,566
2	35	-	7,69	0,4704	2,42	6,4404	0,2248	0,323	92,34	5,640	97,88	0,0576	0,570
3	35	tetragon.	41,66	0,8508	4,77	7,2958	0,1783	0,389	88,34	6,445	95,23	0,0676	0,660
4	35	-	46,92	4,204	6,52	7,096	0,4842	0,470	83,08	5,895	93,48	0,0634	0,640
5	35	-	25,63	4,944	43,88	7,573	0,4399	0,524	74,37	5,632	86,42	0,0634	0,607
6	35	{ tetragon. triklin	27,90	2,410	48,77 94,94	7,560	0,4124	0,487	72,40	5,450	81,23	0,0674	0,605
7	67	monoklin	2,65	0,2261	0,93	8,7474	0,243	0,234	97,35	8,494	99,07	0,0837	0,853
8	67	-	8,34	0,7448	2,86	8,9668	0,260	0,440	94,69	8,222	97,44	0,0846	0,834
9	67	-	43,35	0,9454	3,92	6,754	0,239	0,462	86,45	5,839	96,08	0,0608	0,596
10	67	-	46,39	0,544	6,66	9,401	0,232	0,597	83,64	7,860	93,34	0,0842	0,844
11	67	{ monoklin triklin	24,46	2,820	22,32	44,529	0,429	0,597	75,54	8,709	77,68	0,4124	0,988

Krystallwasser sich mit den Salz-molekülen zu besonderen Molekül-complexen vereinigt oder nicht.

Was die Beziehungen zwischen Lösung und Mischkrystallen hinsichtlich der Zusammensetzung angeht, so habe ich sie für die Temperatur  $35^{\circ}$  in Fig. 10 auf S. 386 graphisch aufgezeichnet und mir dabei die Lizenz gestattet, nicht zwischen dem tetragonalen und dem rhombischen Salz zu unterscheiden. Die Verhältnisse entsprechen natürlich für beide gleichmässig dem Falle 4 von Bakhuis-Roozeboom, nur ist zu beachten, dass den Grenzkrystallen ein verschiedener Krystallwassergehalt zukommt.

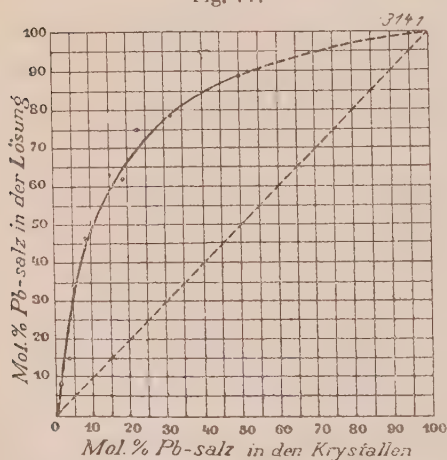
Die Beobachtungen über das monokline Salz bei der Temperatur von  $67^{\circ}$  habe ich nicht eingetragen, die auftretenden Abweichungen sind aber nur ganz geringfügig.

#### 14. Bleihyposulfat, Strontiumhyposulfat.

Von den Hyposulfaten des Bleis und Strontiums wissen wir schon durch die Untersuchungen von Fock und Bodländer, dass sie eine vollständige Mischungsreihe geben, und dementsprechend waren hier bestimmt brauchbare Resultate zu erwarten. Beide Körper schliessen vier Moleküle Krystallwasser ein, entsprechend der Formel  $RS_2O_6 + 4H_2O$ , und krystallisieren hexagonal und zwar trapezoëdrisch tetartoëdrisch.

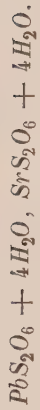
Die angestellten Versuche wurden in der Weise ausgeführt, wie dies im Abschnitt II S. 347 unter Methode 3 näher beschrieben ist. Zur Feststellung der Zusammensetzung der Lösungen wurde das Blei mit gasförmigem Schwefelwasserstoff gefällt und nach dem Abfiltriren im Rose'schen Tiegel geglüht und als  $PbS$  zur Wägung gebracht. Zur Bestimmung des Bleis als Bleisuperoxyd auf elektrolytischem Wege waren leider die Mittel nicht vorhanden. Beim Eindampfen der flüssigen Lösung zersetzt sich regelmässig ein Theil des Bleisalzes; es wird deshalb erforderlich, die eigentliche Konzentrationsbestimmung und die Ermittlung der Zusammensetzung in gesonderten

Fig. 11.



Portionen durchzuführen. Die in dieser Weise erhaltenen Zahlen finden sich in der Tabelle 46 zusammengestellt, und die Betrachtung derselben lehrt, dass auch hier der Krystallwassergehalt sich in keiner Weise bemerkbar

Tabelle 16 (zu S. 388).



Temperatur 25°

Nr. des Versuches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. % <i>Pb</i> -Salz in der Lösung	$c_1$ mg Mol. <i>PbS</i> <sub>2</sub> <i>O</i> <sub>6</sub> in 1 l	$x_1$ Mol. % <i>Pb</i> -Salz in den Kryst.	$c_1 + c_2$	$\frac{c_1}{x_1} \frac{c_2}{x_2} \frac{1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. % <i>Sr</i> -Salz in der Lösung	$c_2$ mg Mol. <i>SrS</i> <sub>2</sub> <i>O</i> <sub>6</sub> in 1 l	$x_2$ Mol. % <i>Sr</i> -Salz in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2} \frac{1}{\sqrt{x_2}}$
1	4,1126	0,00	0,00	0,00	588,4	—	400,00	588,4	400,00	58,8
2	4,1184	4,05	8,4	0,30	648,6	27,40	98,95	640,5	99,70	64,4
3	4,1303	45,34	444,2	3,87	726,7	28,74	84,69	645,5	96,43	62,8
4	4,2447	46,80	406,6	9,84	868,9	44,34	53,20	462,3	90,46	48,7
5	4,2889	62,30	697,7	49,36	1044,0	36,22	37,70	343,3	80,74	38,2
6	4,3252	75,75	845,3	23,73	1445,8	35,62	24,25	270,5	76,27	34,0
7	4,3726	78,09	1018,5	32,34	1304,3	34,59	21,94	285,8	67,76	34,7
8	4,4674	88,29	1388,0	49,97	1572,7	27,83	44,74	184,4	50,43	26,0
9	4,6847	100,00	1019,8	100,00	1019,8	10,49	0,00	0,00	0,00	—



macht. Der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  ist so gut wie constant, während  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  stark ansteigt, wie das zu erwarten ist, wenn der Fall einer geringfügigen Dissoziation vorliegt, und das dürfte hier wohl in Hinsicht auf den Charakter der Säure als wahrscheinlich gelten können.

Die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Mischkrystalle von der Zusammensetzung der Lösung ist in Fig. 11 auf S. 388 graphisch aufgezeichnet. Die Verhältnisse entsprechen dem Falle I von Bakhuis-Roozeboom.

### 15. Kaliumcadmiumchlorid, Ammoniumcadmiumchlorid.

Zu den gut krystallisirenden wasserfreien Doppelsalzen gehören die Chloride  $CdCl_2 + 4KCl$  und  $CdCl_2 + 4NH_4Cl$ . Beide Verbindungen besitzen ganz ähnliche rhomboëdrische Formen und zeigen eine mittlere Löslichkeit; sie schienen mir deshalb zum Studium der vorliegenden Frage geeignet. Bei Anstellung der Versuche beobachtete ich aber, dass sich aus einer gemischten Lösung beider Körper zuerst ein anderes Doppelsalz abschied. Um zu glatten Resultaten zu gelangen, hätte es also erst einer Feststellung der Umwandlungstemperaturen bedurft. Da aber durch gleichzeitig angestellte anderweitige Versuche die vorliegende Frage schon vollständig geklärt wurde, so habe ich von einer weiteren Prüfung dieses Salzpaares Abstand genommen.

### 16. Kaliumkupfersulfat, Ammoniumkupfersulfat.

Zur weiteren Klarstellung der bei den krystallwasserhaltigen Salzen gefundenen Resultate schien mir besonders das Studium der wasserhaltigen Doppelverbindungen geeignet, und zumal derjenigen, deren Componenten bereits in dieser Hinsicht auf ihr Verhalten untersucht wurden. Zunächst wurden die Körper  $K_2SO_4 + CuSO_4 + 6H_2O$  und  $(NH_4)_2SO_4 + CuSO_4 + 6H_2O$  studirt; sie krystallisiren monoklin und besitzen eine mittlere Löslichkeit. Durch die Untersuchungen von Trevor<sup>1)</sup> wissen wir ferner, dass bei denselben auch in der gesättigten Lösung keinerlei Doppelsalzbindung existirt, die Verhältnisse liegen also durchaus einfach und klar.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass die gemischte Lösung beider Körper in einem Kellerraum von der constanten Temperatur 13—14° dem freiwilligen Verdunsten überlassen blieb, und sodann Lösung und Krystalle analysirt wurden.

Bei der Auflösung der reinen Salze ist darauf zu achten, dass ein stärkeres Erwärmen vermieden wird, denn das Kaliumsalz setzt sonst leicht basische Kupfersalze ab, und die Lösung wird sauer.

Behufs Ausführung der Analysen wurde zunächst das Kupfer durch Einleiten von Schwefelwasserstoff entfernt, das Filtrat sodann eingedampft,

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. phys. Chem. 1894, 7, 468.

der Rückstand zur Wägung gebracht, und schliesslich das Ammoniumsalz durch Glühen verflüchtigt. Man operirt hierbei bequemer, wenn man vor dem Eindampfen etwas Ammoniak zusetzt, so dass man stets neutrale Salze vor sich hat. Natürlich will dieser Umstand dann auch bei der Berechnung berücksichtigt sein.

Für die eigentliche Konzentrationsbestimmung entstehen hier noch insofern Schwierigkeiten, als die Salze das Krystallwasser zum Theil nur schwer abgeben und sich andererseits bei stärkerem Erhitzen schon leicht etwas Ammoniumsalz verflüchtigt. Nach den vorliegenden Angaben (Gmelin-Kraut, Lehrbuch) giebt das Kaliumkupfersalz sein letztes Molekül Krystallwasser zwar nicht bei  $400^{\circ}$ , wohl aber bei  $200^{\circ}$  glatt ab — und das wurde bestätigt gefunden.

Dagegen soll das Ammoniumsalz das Halhydratwasser weit fester binden; auch diese Angabe erwies sich als richtig. Nach mehrstündigem Erwärmen auf  $200^{\circ}$  verloren  $2,5959\text{ g CuSO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $6\text{H}_2\text{O}$   $0,5554\text{ g}$  an Gewicht. Der Rückstand enthielt sodann nach der Elektrolyse  $0,4408\text{ g Cu}$ ; daraus berechnet sich zurück  $2,5927\text{ g}$  Salz und ein Verlust an Wasser von  $0,5844\text{ g}$ , und zwar unter der Annahme, dass nur fünf Moleküle entweichen. Merkwürdigerweise verliert aber das Ammoniumsalz das Halhydratwasser in den Mischungen weit leichter. Es wurden abgewogen  $4,3502\text{ g}$  Kaliumsalz und  $4,4405\text{ g}$  Ammoniumsalz, sodann beide Salze gemeinsam gelöst, zur Trockne verdampft und wie oben bei  $200^{\circ}$  getrocknet. Der Rückstand zeigte ein Gewicht von  $2,0596\text{ g}$  und ergab bei der Elektrolyse  $0,4263\text{ g Cu}$ , während sich aus der abgewogenen Menge berechnet  $2,0710\text{ g}$  Salz und  $0,4247\text{ g Cu}$ , und zwar unter der Annahme, dass alles Krystallwasser entwichen ist.

Ein zweiter Versuch, bei welchem vorwiegend von dem Ammoniumsalz genommen wurde, gab das gleiche Resultat, und dementsprechend wurde angenommen, dass die während mehrerer Stunden bei  $200^{\circ}$  getrockneten Rückstände wasserfreie Salze enthalten.

In der Tabelle 17 (s. folg. S.) finden sich die in dieser Weise erhaltenen Zahlenwerthe zusammengestellt, und ihre Betrachtung lehrt wohl sofort, dass der Verlauf der maassgebenden Quotienten sich im Allgemeinen ebenso gestaltet, wie bei den reinen Sulfaten (Tab. 9, 10 und 11). Zwar ist

Fig. 12.

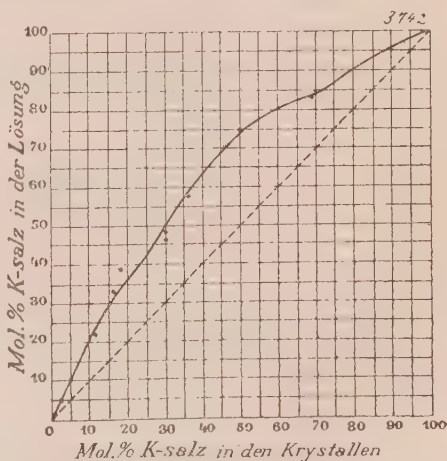


Tabelle 17 (zu S. 391).  $\text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ .

Nr. des Versuches	$t$ Temperatur	$y_1$ Mol. o/o K-Salz in der Lös.	$c_1'$ Mol. K-Salz auf 100 Mol. $\text{H}_2\text{O}$	$x_1$ Mol. o/o K-Salz in den Kr.	$c_1' + c_2'$	$\frac{c_1'}{x_1} \cdot 100$	$\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}} \cdot 100$	$\frac{y_2}{2}$ Mol. o/o $\text{NH}_4$ -Salz in der Lös.	$c_2'$ Mol. $\text{NH}_4$ -Salz auf 100 Mol. $\text{H}_2\text{O}$	$x_2$ Mol. o/o $\text{NH}_4$ -Salz in den Kr.	$\frac{c_2'}{x_2} \cdot 100$	$\frac{c_2'}{\sqrt{x_2}} \cdot 100$
1	130—140	0,00	0,00	0,00	4,035	—	—	100,00	4,035	100,00	4,03	40,85
2	—	2,94	0,0348	5,15	0,9492	0,676	4,53	97,06	0,944	94,85	0,964	9,39
3	—	5,06	0,0897	10,34	0,9515	0,867	2,79	94,94	0,8618	89,66	0,964	9,10
4	—	11,50	0,1929	22,26	1,0171	0,867	4,10	88,50	0,8252	77,74	1,064	9,36
5	—	16,76	0,2269	33,05	0,8739	0,687	3,95	83,24	0,6490	66,95	0,969	7,93
6	—	23,15	0,2706	39,05	0,8466	0,693	4,33	76,85	0,5760	60,95	0,945	7,38
7	—	30,40	0,2570	46,22	0,8457	0,556	3,78	69,60	0,5887	53,78	1,094	8,03
8	—	30,34	0,2335	48,21	0,7824	0,484	3,36	69,66	0,5486	51,79	1,059	7,62
9	—	35,63	0,2946	58,20	0,8042	0,506	3,86	63,37	0,5096	41,80	1,249	7,88
10	—	50,15	0,3339	75,34	0,6658	0,443	3,85	49,85	0,3319	24,66	1,349	6,68
11	—	69,93	0,4560	83,86	0,6524	0,544	4,98	39,07	0,1961	16,14	1,215	4,88
12	—	100,00	0,4374	100,00	0,4374	0,437	4,37	0,00	0,00	0,00	—	—

die absolute Grösse jener Werthe sehr verschieden, aber darum handelt es sich hier ja nicht, sondern nur um den Verlauf, und jedenfalls machen sich keine Anzeichen bemerkbar, welche auf grössere Molekülcomplexe im krystallisirten Zustande schliessen lassen könnten.

Was schliesslich den Zusammenhang zwischen Lösung und Mischkrystallen betrifft, so entsprechen die Verhältnisse, wie die Fig. 42 auf S. 394 zeigt, dem Falle I von Bakhuis-Roozeboom.

### 17. Kupferammoniumsulfat, Nickelammoniumsulfat.

Das Verhalten des reinen Kupfersulfats zum reinen Nickelsulfat ist schon S. 385—388 geschildert worden; es empfahl sich deshalb, auch ihr Verhalten in den Alkalidoppelsulfaten zu studiren, und am geeignetsten schienen mir hierzu die Ammoniumverbindungen zu sein, da das Kaliumkupfersalz beim Erwärmen leicht basische Kupfersalze abscheidet.

Die Ausföhrung der Versuche erfolgte genau in derselben Weise und unter denselben Bedingungen, wie dies bei dem Salzpaar 46 näher beschrieben ist. Die Analysen gestalteten sich noch einfacher; es genügt eine elektrolytische Bestimmung des Kupfers. In der S. 395 folgenden Tabelle 48 finden sich wiederum die erhaltenen Zahlenwerthe vereinigt. Ein Vergleich derselben mit der Tabelle 45 lässt wohl erkennen, dass der Verlauf der maassgebenden Quotienten im Allgemeinen der gleiche ist; hinsichtlich der absoluten Grösse kann natürlich wegen der verschiedenen Löslichkeit keine Uebereinstimmung bestehen.

Zieht man in Betracht, dass einerseits die Annahme einer Bindung des Doppelsalzes in der Lösung durch die Diffusionsversuche von Trevor<sup>1)</sup> direct widerlegt ist, und dass andererseits die Theorie der festen Lösungen mit ihren Folgerungen für die Molekulargrösse in den Versuchsreihen 4—42 ihre volle Bestätigung gefunden hat, so bleibt in Ansehung aller Verhältnisse wohl nur übrig, die Existenz besonderer Doppelsalmoleküle für diese Verbindungen im krystallisirten Zustande direct zu leugnen, und das Gleiche kann dann auch natürlich hinsichtlich der krystallwasserhaltigen Moleküle geschehen.

Thut man aber dieses, so darf nach den obigen Versuchsergebnissen die Theorie der festen Lösungen auch für die untersuchten Doppelsalze sowie die krystallwasserhaltigen Körper strenge Gültigkeit beanspruchen.

Man braucht zu dem Ende nur auf die bereits von Sohncke<sup>2)</sup> ausgesprochene Ansicht zurückzugreifen, welche dahin lautet, dass »die meisten mit Krystallwasser krystallisirenden Salze aus mehreren in einander stehenden regelmässigen (Punkt-) Theilsystemen gebildet werden, ohne dass dabei die Wassermolekeln mit den reinen Salzmolekeln zu engeren

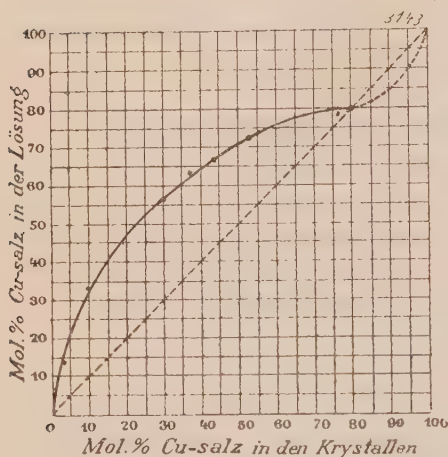
1) l. c.

2) Diese Zeitschr. 1888, 14, 443.



Gruppen oder wirklichen neuen Molekeln zusammentreten«. Die gleiche Auffassung liegt dann auch für die Doppelsalze nahe. Indessen experimentell prüfen lässt sich eine solche Annahme nur bei den Doppelsalzen<sup>1)</sup>.

Fig. 43



Macht man diese Annahme<sup>2)</sup>, so müssen eben die nach der Theorie der festen Lösungen für jede Molekülgattung maassgebenden Quotienten ihre Bedeutung unverändert beibehalten, genau so wie dies die Versuchsreihen 43—47 ergeben haben.

Uebrigens sind ähnliche Anschauungen auch wohl schon von verschiedenen anderen Seiten aufgestellt worden, so z. B. neuerdings von Tutton<sup>3)</sup>.

Hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen Lösung und Mischkrystallen mag schliesslich bemerkt werden, dass die Verhältnisse nach Maassgabe der nebenstehenden Figur wahrscheinlich dem Falle II von Bakhuis-Roozeboom entsprechen.

## 18. Kupferammoniumsulfat, Zinkammoniumsulfat.

Um die gewonnene Anschauung noch weiter zu stützen, wurde auch das Verhalten des Ammoniumkupfersulfats zu dem entsprechenden Zinksalze studirt. Das letztere gehört ebenfalls zur grossen isomorphen Reihe der monoklinen Doppelsulfate und krystallisirt mit dem Kupfersalze in allen Verhältnissen zusammen.

Die Herstellung der Mischkrystalle erfolgte ebenso wie bei den Versuchsreihen 46 und 47 durch Verdunsten der gemischten Lösung in einem Kellerraum von der constanten Temperatur 43—44°, und die Zusammensetzung von Lösung und Mischkrystallen wurde wiederum durch elektrolitische Ausfällung des Kupfers ermittelt.

In der folgenden Tabelle 49 (S. 395) finden sich die in dieser Weise erhaltenen Zahlenwerthe zusammengestellt.

1) Vergl. S. 386.

2) Das sogenannte Constitutionswasser (Halhydratwasser) kann sehr wohl als in fester Verbindung mit dem Salz-molekül oder einem seiner Ionen angenommen werden, ohne dass die geforderten Gesetzmässigkeiten eine Aenderung erleiden.

3) Diese Zeitschr. 1896, 27, 266.

Tabelle 18 (zu S. 393).  $\text{CuSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ .

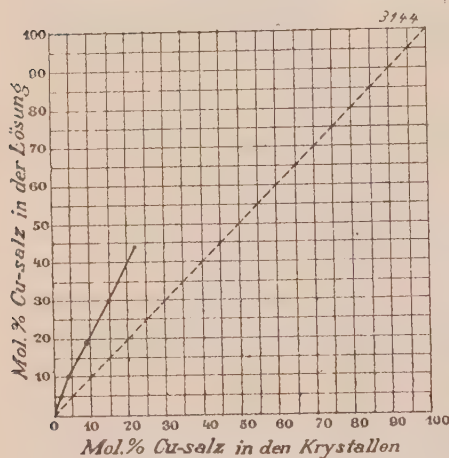
Nr. des Versuches	$t$ Temperatur	$y_1$ Mol. $\frac{0}{100}$ Cu-Salz in der Lös.	$c_1'$ Mol. Cu-Salz auf 100 Mol. $\text{H}_2\text{O}$	$x_1$ Mol. $\frac{0}{100}$ Cu-Salz in den Kr.	$c_1' + c_2'$	$\frac{c_1'}{x_1} \cdot 100$	$\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}} \cdot 100$	$\frac{y_2}{2}$ Mol. $\frac{0}{100}$ Ni-Salz in der Lös.	$c_2'$ Mol. Ni-Salz auf 100 Mol. $\text{H}_2\text{O}$	$x_2$ Mol. $\frac{0}{100}$ Ni-Salz in den Kr.	$\frac{c_2'}{x_2} \cdot 100$	$\frac{c_2'}{\sqrt{x_2}} \cdot 100$
1	130—140	0,00	0,00	0,00	0,5210	—	—	100,00	0,5210	100,00	0,521	5,21
2	—	14,34	0,0576	3,54	0,4026	1,64	3,08	85,69	0,3450	96,49	0,358	3,52
3	—	33,34	0,1476	10,29	0,4426	4,43	4,60	66,66	0,2950	89,74	0,329	3,42
4	—	56,05	0,2664	30,59	0,4753	0,871	4,82	43,95	0,3089	69,41	0,301	2,51
5	—	67,42	0,3693	44,26	0,5502	0,834	5,55	32,88	0,4809	55,74	0,325	2,42
6	—	73,89	0,4165	52,23	0,5614	0,797	5,76	26,20	0,4449	47,77	0,303	2,10
7	—	78,73	0,4634	76,73	0,5882	0,604	5,28	21,27	0,4234	23,27	0,537	2,59
8	—	79,92	0,4785	78,80	0,5987	0,607	5,39	20,08	0,4202	21,20	0,567	2,61
9	—	100,00	4,0350	100,00	4,0350	4,035	10,35	0,00	0,00	0,00	—	—

 Tabelle 19 (zu S. 394).  $\text{CuSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$ .

Nr. des Versuches	$t$ Temperatur	$y_1$ Mol. $\frac{0}{100}$ Cu-Salz in der Lös.	$c_1'$ Mol. Cu-Salz auf 100 Mol. $\text{H}_2\text{O}$	$x_1$ Mol. $\frac{0}{100}$ Cu-Salz in den Kr.	$c_1' + c_2'$	$\frac{c_1'}{x_1} \cdot 100$	$\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}} \cdot 100$	$\frac{y_2}{2}$ Mol. $\frac{0}{100}$ Zn-Salz in der Lös.	$c_2'$ Mol. Zn-Salz auf 100 Mol. $\text{H}_2\text{O}$	$x_2$ Mol. $\frac{0}{100}$ Zn-Salz in den Kr.	$\frac{c_2'}{x_2} \cdot 100$	$\frac{c_2'}{\sqrt{x_2}} \cdot 100$
1	130—140	4,97	0,0422	2,39	0,8494	1,77	2,73	95,03	0,8069	97,61	0,826	8,17
2	—	10,65	0,0666	4,52	0,6304	4,47	3,43	89,35	0,5638	95,48	0,590	5,77
3	—	19,24	0,1218	9,03	0,6333	4,35	4,05	80,76	0,5115	90,97	0,562	5,36
4	—	30,19	0,2130	14,67	0,7054	4,45	5,56	69,81	0,4924	85,33	0,577	5,33
5	—	44,44	0,3216	22,62	0,7238	4,42	6,76	55,56	0,4022	77,38	0,520	4,57
6	—	100,00	4,035	100,00	1,0350	4,035	10,35	0,00	0,00	0,00	—	—

Zwar lässt sich auch hier ebensowenig wie bei dem vorübergehenden Salzpaare — wegen mangelnder Kenntniss der Dissociation — der eigentlich maassgebende Quotient  $\frac{c[1 + \gamma(\sqrt{x} - 1)]}{x}$  berechnen; aber die Constanz desselben ist wohl als sicher anzunehmen. Die Grösse  $\frac{c_1'}{x_1}$  ist fast constant, die Grösse  $\frac{c_1'}{\sqrt{x_1}}$  steigt dagegen bis zum dreifachen Werthe an, genau so, wie dies bei einem Salzpaare mit geringer Dissociation unter der obigen Annahme gefordert werden muss.

Fig. 14.



Die Versuche bestätigen also die gewonnene Anschauung, dass bei den untersuchten wasserhaltigen Salzen und Doppelsulfaten im krystallisierten Zustande keine Neubildung grösserer Molekülcomplexe vorliegt, sondern dass es sich hier wohl nur um regelmässig in einander gestellte regelmässige Molekülsysteme handelt.

Was endlich den Zusammenhang zwischen Lösung und Mischkrystallen betrifft, so lässt die nebenstehende Figur nicht sicher erkennen, ob der Fall I oder II von Bakhuis-Roozeboom vorliegt.

### 19. Kaliumalaun, Thalliumalaun.

Die Alaune liefern bekanntlich isomorphe Mischungen in allen Verhältnissen, und dementsprechend dürften sie sich auch für das Studium der vorliegenden Frage sehr empfehlen. In Hinsicht auf die nothwendigen Analysen schien mir besonders das Paar Kaliumalaun-Thalliumalaun geeignet.

Die Anordnung der Versuche erfolgte hier nach der im Abschnitt II S. 347 näher beschriebenen dritten Methode. Zur Trennung der Componenten wurde das Thallium mit Kaliumjodid gefällt und sodann als  $TlJ$  auf getrocknetem Filter zur Wägung gebracht.

Die erhaltenen Resultate finden sich in der folgenden Tabelle 20 zusammengestellt. Der Quotient  $\frac{c_1}{x_1}$  ist angenähert constant, während der Quotient  $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$  mit wachsendem  $c_1$  und  $x_1$  stark ansteigt, d. h. die Dissociation

Tabelle 20 (zu S. 396).  $K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24H_2O$ ,  $Tl_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24H_2O$ . Temperatur 25°

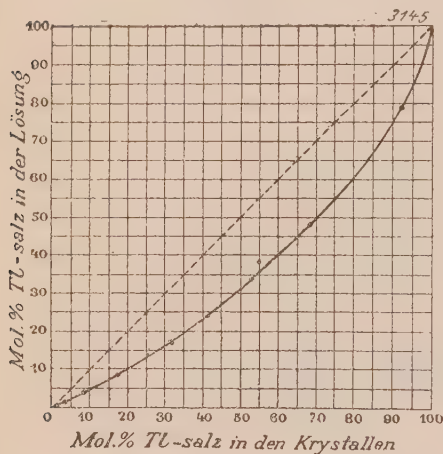
Nr. des Versuches	$\delta$ Dichte der Lösung	$y_1$ Mol. o/o Tl-Salz in der Lösung	$c_1$ mg Mol. Tl-Salz in 1 l	$x_1$ Mol. o/o Tl-Salz in den Kryst.	$c_1 + c_2$ Gesamt- concentration	$\frac{c_1}{x_1}$ $\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$	$y_2$ Mol. o/o K-Salz in der Lösung	$c_2$ mg Mol. K-Salz in 1 l	$x_2$ Mol. o/o K-Salz in den Kryst.	$\frac{c_2}{x_2}$ $\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	1,0594	0,00	0,00	0,00	270,5	—	100,00	270,5	100,00	27,05
2	1,0604	0,39	1,13	0,68	289,33	1,648	99,61	288,2	99,32	28,92
3	1,0598	1,52	4,07	3,16	266,87	1,285	98,48	262,8	96,84	26,70
4	1,0603	4,05	10,67	9,16	263,37	1,164	95,95	252,7	90,84	26,52
5	1,0605	8,27	22,67	17,06	274,07	1,329	91,73	251,4	82,94	27,61
6	1,0609	17,46	43,56	31,76	249,46	1,375	82,54	205,9	68,24	24,93
7	1,0609	24,88	58,10	41,77	233,48	1,391	75,12	175,4	58,23	22,98
8	1,0611	34,27	76,75	53,28	223,35	1,444	65,73	147,2	46,72	21,44
9	1,0611	38,64	84,10	55,67	217,70	1,511	61,36	133,6	44,23	20,06
10	1,0623	48,07	101,6	67,93	211,3	1,495	51,93	109,7	32,07	19,38
11	1,0634	78,66	156,2	92,06	198,56	1,697	21,34	42,36	7,94	15,03
12	1,0674	100,00	178,3	100,00	178,3	1,783	0,00	0,00	0,00	—



ist verhältnissmässig gering, und die Molekulargrösse ist in der festen und flüssigen Lösung die gleiche. Man kann hiernach aber nicht ohne Weiteres über die Richtigkeit der Formel  $KAlS_2O_8$  oder  $K_2SO_4 + Al_2S_3O_{12}$  entscheiden.

Eine besondere Bindung des Krystallwassers kann freilich, abgesehen vom Constitutionswasser, wohl nicht als wahrscheinlich gelten; ob aber die Moleküle  $K_2SO_4$  und  $Al_2S_3O_{12}$  in dem Krystalle eine gesonderte Existenz behaupten oder nicht, hängt nach Maassgabe der Theorie davon ab, ob dies auch in der gesättigten Lösung der Fall ist. Die gewonnenen Zahlen lehren nur, dass die Molekulargrösse in flüssiger und fester Lösung in dieser Hinsicht

Fig. 15.



gleich ist. Bei den bisher studirten Doppelsulfaten war die Nichtexistenz der Doppelbindung — wie angegeben — nachgewiesen; bei den Alaunen ist dies meines Wissens noch nicht geschehen. Es scheint mir wahrscheinlich, dass hier eine Bindung existirt, und dann ist sie auch in den Krystallen anzunehmen; denn dass es auch sogenannte Doppelsalze giebt, bei denen eine solche chemische Bindung ganz oder theilweise existirt, lehren ja am besten die Haloiddoppelsalze des Kadmiums. Besser wäre es aber wohl, derartige Körper nicht mehr als Doppelsalze zu bezeichnen.

Was den Zusammenhang zwischen Lösung und Mischkrystallen betrifft, so handelt es sich hier, wie die nebenstehende Figur lehrt, um den Fall I von Bakhuis-Roozeboom.

## 20. Mandelsaure Salze.

Die bei den untersuchten krystallwasserhaltigen Körpern und Doppelsalzen gewonnenen Resultate legen wohl den Analogieschluss nahe, dass auch bei den sogenannten racemischen Verbindungen nicht oder nicht immer eine eigentliche chemische Bindung — eine Neubildung eines grösseren Moleküls — vorliegt, sondern dass es sich hier ebenfalls um ineinandergestellte regelmässige Molekülhaufen handeln kann. In der Absicht, nach dieser Richtung hin Aufschluss zu erhalten, unternahm ich dann das Studium der Mandelsäure und ihrer Salze. Die Mandelsäure ist verhältnissmässig billig zu haben und überdies eine einbasische Säure. Leider zeigten sich aber bei der näheren Durchführung der Versuche solche Schwierigkeiten, dass sie aufgegeben werden mussten.

Die Mandelsäure selbst krystallisirt zunächst mit keinem ihrer Salze zusammen, die Kalium- und Ammoniumsalze sind aber so leicht löslich, dass beim Verdampfen ein dicker Syrup zurückbleibt, Krystalle also nicht gut zu erhalten sind. In Aceton sind beide Salze zwar schwer löslich, indessen eine Spur von Wasser erhöht die Löslichkeit so ausserordentlich, dass die Versuche an diesem Umstande scheiterten.

Die zweibasischen Salze der Mandelsäure bieten zwar bessere Löslichkeitsverhältnisse dar; aber hier sind schon stets zwei Moleküle der Säure an ein und dasselbe Metallmolekül gebunden, und dementsprechend ist hier eine directe sichere Entscheidung der vorliegenden Frage wohl nicht möglich.

Einige andere racemische Verbindungen, die mir in geringen Mengen zur Verfügung standen, liessen gleichfalls ein sicheres Resultat nicht voraussehen, und schliesslich mussten meine Bemühungen nach dieser Richtung hin abgebrochen werden.

Indessen möchte ich den obigen Analogieschluss wohl für richtig halten, und dementsprechend will ich auch noch kurz diejenigen Gründe anführen, welche ihn nach meiner Ansicht stützen können. Zunächst kommt in dieser Hinsicht wohl in Betracht, dass sich einzelne, optisch active Substanzen überhaupt nicht zu einer racemischen Verbindung vereinigen können. Ein solcher Fall liegt z. B. vor zwischen dem Rechts- und dem Links-Asparagin; aus der gemischten Lösung beider Körper scheidet sich jeder wieder gesondert aus.

Bei anderen Substanzen ist dann das Auftreten der racemischen Verbindung nur von der Temperatur abhängig. So existirt das traubensaure Salz<sup>1)</sup>  $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{O}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  nur oberhalb  $27^\circ$ , unterhalb dieser Temperatur zerfällt es unter Wasseraufnahme in die beiden weinsauren Salze. Die Steigerung der Temperatur, welche sonst gewöhnlich die Moleküle lockert, ermöglicht hier also erst die Bildung der racemischen Verbindung. Kurz, wir finden hier ganz dieselben Verhältnisse, wie bei den untersuchten krystallwasserhaltigen Körpern und den Doppelsulfaten, und demnach dürfen wir auch wohl bei dieser Körperklasse erwarten, dass wenigstens nicht immer eine eigentliche chemische Bindung vorliegt, sondern dass hier auch sogenannte ineinandergestellte regelmässige Molekülhaufen verliegen können.

#### IV. Untersuchungen anderer Forscher.

Nach der Beschreibung der meinerseits erhaltenen Resultate dürfte es angebracht sein, auch die Untersuchungen anderer Forscher zum Vergleiche heranzuziehen. Zwar ist die Zahl der vorliegenden Arbeiten auf diesem

1) Van't Hoff etc., Zeitschr. f. phys. Chem. 1895, **17**, 49.

Gebiete gering, aber schliesslich muss jede Bestätigung von anderer Hand wohl als doppelt beweisend angesehen werden. Bei Betrachtung dieser Arbeiten werde ich mich an die Zeitfolge des Erscheinens halten.

### 1. Die Untersuchungen von Bakhuis-Roozeboom.

Bakhuis-Roozeboom ist nicht allein Derjenige, welcher die vorliegende Frage zuerst von der theoretischen Seite grundlegend bearbeitet hat, sondern er ist es auch, dem wir die ersten experimentellen Versuche auf diesem Gebiete verdanken<sup>1)</sup>. Er studirte das Salzpaar Kaliumchlorat-Thalliumchlorat und fand, dass diese Körper nur innerhalb bestimmter enger Grenzen zusammenkrystallisiren. Hinsichtlich der Molekulargrösse kommt er zur Ansicht, dass der Quotient  $\frac{c(1-\gamma)}{x}$  nicht genügend constant ist, und dass man dementsprechend auch nicht schliessen darf, dass im krystallisirten Zustande das Kaliumchlorat in der Gestalt von Normalmolekülen  $KClO_3$  vorhanden ist.

Nernst<sup>2)</sup> vergleicht sodann diesen Quotienten  $\frac{c(1-\gamma)}{x}$  mit den Quotienten  $\frac{c}{x^2}$  und  $\frac{c^2}{x}$  und findet, dass die letzteren weit weniger constant sind. Will man also an der Hand der Theorie der festen Lösungen überhaupt zu einem Schlusse hinsichtlich der Molekulargrösse gelangen, so kann nach ihm mit Recht nur die normale Grösse — entsprechend der einfachen chemischen Formel — in Betracht kommen. Des Weiteren ist nach Nernst »der Umstand, dass bei dem Quotienten  $\frac{c}{x}$  die Zahlen mit wachsendem  $c$  fallen, bei dem Quotienten  $\frac{c^2}{x}$  dagegen abnehmen, dahin zu deuten, dass das Kaliumchlorat mit steigender Concentration sich in der festen Lösung zu polymerisiren beginnt«, doch will er auf diesen Schluss in Anbetracht der Unsicherheit der Werthe von  $c$  nicht zu grosses Gewicht legen.

Nach den hier gewonnenen Resultaten ist dagegen jenes Verhalten der genannten Quotienten darauf zurückzuführen, dass für das Sättigungsgleichgewicht ebenso sehr der dissociirte Antheil des Salzes, wie der nicht dissociirte in Betracht kommt.

In der nachfolgenden Tabelle finden sich die sämmtlichen, zur Beurtheilung der Sachlage erforderlichen Zahlenwerthe und Quotienten zusammengestellt.

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 1894, 8, 534. Ref. in dieser Zeitschr. 22, 602.

2) Zeitschr. f. phys. Chem. 1892, 9, 437.

$c_1 + c_2$ Gesamt- concentration	$\gamma$ Disso- ciation	$c_2$ mg Mol. $KClO_3$ in 1 l	$c_2(1-\gamma)$	$x_2$ Mol. 0/0 $KClO_3$ in den Kryst.	$\frac{c_2(1-\gamma)}{x^2} \cdot 1000$	$\frac{[c_2(1-\gamma)]^2}{x^2} \cdot 10^6$	$\frac{c_2[1+\gamma(\sqrt{x_2}-1)]}{x_2} \cdot 1000$
0,124	0,70	0,056	0,0168	2,00	8,4	0,14	3,6
0,255	0,59	0,243	0,0873	12,61	6,9	0,60	4,2
0,358	0,53	0,327	0,1536	25,04	6,1	0,94	4,4
0,407	0,50	0,379	0,1895	36,30	5,2	0,99	3,7

Der Quotient  $\frac{c_2[1+\gamma(\sqrt{x_2}-1)]}{x_2}$  dürfte wohl allgemein als innerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtung für constant erachtet werden, und dementsprechend möchte ich aus den Versuchen von Roozeboom schliessen:

- 1) dass die obige Formel und die ihr zu Grunde liegende Auffassung die richtige ist,
- 2) dass die Molekulargrösse des Kaliumchlorats im krystallisirten Zustande der einfachen chemischen Formel  $KClO_3$  entspricht.

## 2. Die Versuche des Verfs.

Von mir<sup>1)</sup> wurden früher schon die Sulfate des Kaliums und Ammoniums sowie die Doppelchloride  $2KClCuCl_2$ ,  $2H_2O$  —  $2NH_4Cl$ ,  $CuCl_2$ ,  $2H_2O$  studirt. Was das erstere Salzpaar anbetrifft, so habe ich die gegebenen Zahlenwerthe bereits auf S. 375 verwendet und interpretirt. Hinsichtlich des letzteren Salzpaars bemerkte ich früher: »Durch die erhaltenen Zahlenwerthe wird der Schluss nahe gelegt, dass die Molekulargrösse des Doppelsalzes  $2KCl$ ,  $CuCl_2$ ,  $2H_2O$  in der festen und flüssigen Lösung die gleiche oder doch nicht sehr verschieden ist.« Aber eine solche Annahme schien mir damals »zu schwer verständlich«, bzw. eine »Klarstellung der Frage« hielt ich »erst auf Grund weiterer Experimente möglich«.

Nach der im Abschnitt III Reihe 17 (S. 393) gegebenen Aufklärung aber dürfte die obige Annahme durchaus verständlich erscheinen, bzw. meine früheren Untersuchungen stehen mit meinen jetzigen Resultaten im besten Einklange.

## 3. Die Versuche von W. Muthmann und O. Kuntze.

W. Muthmann und O. Kuntze<sup>2)</sup> haben die drei Salzpaare: Monokaliumphosphat, Monokaliumarseniat — Kaliumpermanganat, Kaliumper-

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 1893, **12**, 657.

2) Diese Zeitschr. 1894, **23**, 368.



chlorat und Kaliumpermanganat — Rubidiumpermanganat untersucht; in-  
dessen wurden die erhaltenen Zahlenwerthe zu Erörterungen über die  
Molekulargrösse von ihnen selbst nicht verwendet. Von mir<sup>1)</sup> sind dann die  
maassgebenden Quotienten berechnet und discutirt worden, aber die  
Schlussfolgerungen dürften nach den im III. Abschnitt enthaltenen Resul-  
taten nur zum Theil gerechtfertigt sein.

Was das erstgenannte Salzpaar anbetrifft, so lassen sich zwar gegen  
die Folgerung, dass das Monokaliumphosphat im krystallisirten Zustande  
die einfache Molekulargrösse besitzt, keine erheblichen Einwände machen,  
denn auch die Benutzung einer Formel, welche den Einfluss des dissociirten  
Antheils mit in Betracht zieht, würde zu dem gleichen Resultate führen.

Hinsichtlich des zweiten Salzpaares kam ich damals zu dem Schlusse,  
dass das Krystallmolekül die doppelte Grösse des normalen chemischen  
Moleküls besitzt. Hiergegen muss ich jetzt Widerspruch erheben. Frei-  
lich ist die Schlussfolge nur eine bedingte gewesen, insofern nämlich, als  
die Voraussetzung, dass die Dissociation gering ist, als fraglich und un-  
sicher hingestellt wurde; aber die zur Zeit berechtigteste Voraussetzung ist  
wohl die, dass hier die Dissociation die gleiche ist, wie bei den übrigen  
binären Elektrolyten. Unter dieser Annahme berechnet sich dann die  
Dissociation und ebenso die Veränderung derselben als sehr erheblich, die  
Grenzwerte ergeben sich zu rund 60 und 84 %. Würde man also die  
maassgebenden Quotienten  $\frac{c(1-\gamma)}{x}$  und  $\frac{c\gamma}{\sqrt{x}}$  herleiten, so würde keine

Constanz mehr zu Tage treten. Ich habe deshalb den von mir selbst als  
maassgebend hingestellten Werth  $\frac{c[1 + \gamma(\sqrt{x}-1)]}{x}$  berechnet und in der  
Tabelle 24 mit den übrigen in Betracht kommenden Werthen zusam-  
mengestellt.

Hiernach ist die Constanz von  $\frac{c[1 + \gamma(\sqrt{x}-1)]}{x}$  noch grösser als die-  
jenige von  $\frac{c}{\sqrt{x}}$ , und dementsprechend gelange ich im Gegensatz zu meiner

früheren Ansicht zu dem Schlusse, dass die Molekulargrösse im krystalli-  
sirten Zustande auch hier der normalen chemischen Formel entspricht. Zu  
dem gleichen Schlusse gelangt man dann auch — wie die Tabelle 22 lehrt  
— hinsichtlich des dritten Salzpaares.

Wenn ich hier für das Rubidiumpermanganat die maassgebenden Quo-  
tienten nicht berechnete, so geschah es aus den bereits früher gewürdigten  
Gründen; die Genauigkeit der auf dieses Salz bezüglichen Zahlen ist eben  
nicht gross genug.

1) Ber. d. d. chem. Ges. 1895, 28, 2734.

Temperatur 70

KMnO<sub>4</sub>, KClO<sub>4</sub>.

Tabelle 21 (zu S. 402).

Nr. des Ver- suches	$\gamma \cdot 100$ Disso- ciation	$c_2$ Molek. $KMnO_4$ in 1 l	$x_2$ Mol. o/o $KMnO_4$ in den Kr.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2[1+\gamma(\sqrt{x_2}-1)]}{x_2}$	$c_1$ mg Moleküle $KClO_4$ in 1 l	$x_1$ Mol. o/o $KClO_4$ in den Kryst.	$\frac{c_1}{x_1}$	$\frac{c_1[1+\gamma(\sqrt{x_1}-4)]}{x_1}$	$\frac{c_1}{\sqrt{x_1}}$
1	81,5	0,00	0,00	—	—	63,940	400,00	0,639	5,24	6,39
2	77,6	29,375	2,838	10,35	15,8	54,478	97,462	0,561	4,34	5,53
3	74,2	56,242	5,868	9,58	49,7	46,178	94,132	0,491	3,65	4,76
4	73,3	67,726	9,778	6,98	17,7	42,745	90,322	0,474	3,43	4,50
*	72,5	79,042	40,808	7,31	49,4	23,0	89,192	0,444	3,16	4,19
5	70,2	99,807	45,962	6,25	49,4	25,0	84,038	0,460	3,10	4,24
6	69,7	108,14	19,276	5,61	48,8	24,6	80,724	0,470	3,09	4,22
7	68,6	122,24	23,560	5,19	48,9	25,2	76,439	0,450	2,84	3,93
*	68,4	149,21	24,276	4,91	48,1	24,2	75,724	0,514	2,97	4,47
8	68,0	128,08	26,396	4,85	48,5	24,9	73,604	0,459	2,76	3,94
9	67,2	135,34	30,344	4,37	47,8	24,3	69,056	0,507	3,00	4,22
10	66,4	144,46	34,315	4,21	47,8	24,7	65,685	0,505	2,89	4,09
11	65,1	159,17	40,120	3,97	47,5	25,1	59,879	0,520	2,80	4,03
12	64,4	167,81	44,422	3,78	47,6	25,2	55,578	0,531	2,74	3,96
*	63,9	179,62	64,705	2,78	45,3	22,3	35,295	0,681	2,84	4,07
13	63,6	183,09	67,334	2,72	45,2	22,3	32,669	0,771	3,08	4,41
14	62,6	195,29	74,757*	2,61	45,1	22,6	25,243	1,088	3,88	5,47
15	62,6	198,49	75,957	2,61	45,2	22,8	24,043	0,992	3,42	4,87
*	62,9	197,82	77,946	2,54	45,0	22,4	22,054	0,914	3,04	4,29
16	62,6	201,55	84,169	2,39	44,6	21,9	15,513	1,371	3,89	5,40
*	62,4	200,50	85,266	2,35	44,4	21,7	14,734	1,754	4,86	6,73
17	60,4	238,75	94,372	2,48	45,4	24,1	5,628	5,021	9,16	11,89
18	59,6	258,14	96,480	2,68	46,7	26,3	44,22	4,040	6,15	7,58
19	60,0	264,27	100,00	2,64	46,9	26,4	0,00	—	—	—



Tabelle 22 (zu S. 402).

Temperatur 7°

Nr. des Versuches	$c_1 + c_2$ Gesamtconcentration	$\gamma \cdot 400$ Disso- ciation	$c_2$ mg Mol. $\text{KMnO}_4$ in 1 l	$x_2$ Mol. o/o $\text{KMnO}_4$ in den Kr.	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2[1 + \gamma(\sqrt{x_2} - 1)]}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	48,007	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	3,104	—	—	—
3	49,729	84,9	27,038	3,498	7,37	13,4	14,5
4	69,639	80,4	50,406	5,897	8,50	18,3	20,6
5	97,224	75,0	79,046	13,747	5,75	17,4	21,3
6	119,002	72,5	96,183	25,328	3,80	14,9	19,4
7	151,55	69,4	120,26	34,293	3,54	15,3	20,5
8	206,66	63,8	165,75	70,199	2,36	13,2	19,8
*	227,28	62,3	188,30	71,446	2,64	14,9	22,3
*	213,62	63,2	171,96	74,973	2,29	13,4	17,7
9	239,65	61,5	198,36	92,499	2,44	13,5	20,6
10	250,33	60,8	204,97	99,406	2,06	13,3	20,6
*	248,26	61,0	205,76	99,466	2,07	13,4	20,6
11	248,85	60,9	207,39	99,363	2,09	13,5	20,8
12	251,11	60,8	225,12	99,324	2,27	14,6	22,6
13	264,27	59,9	264,27	100,00	2,64	16,9	26,4

Die Versuche von W. Muthmann und Kuntze bestätigen sonach durchaus die in dieser Arbeit erzielten Resultate.

#### 4. Die Untersuchungen von Küster.

Küster<sup>1)</sup> hat zwei Arbeiten »Beiträge zur Molekulargewichtsbestimmung an festen Lösungen« publicirt. In der ersten kommt er zu dem Resultate, dass der Aether von Kautschuk theils mit dem einfachen, theils mit dem doppelten Molekulargewicht aufgelöst wird. Dazu wird aber schon bemerkt, dass sich hieraus Schlüsse auf die Molekulargrösse fester Verbindungen — wie sie hier in Frage steht — nicht ziehen lassen. Auf Grund der in der zweiten Arbeit beschriebenen Versuche findet dann Küster: »die Krystallmoleküle des Naphthalins und des Naphtols sind von der Grösse  $2(\text{C}_{10}\text{H}_8)$  und  $2(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O})$ , und in den isomorphen Mischungen beider Verbindungen bilden sich die Moleküle  $(\text{C}_{10}\text{H}_8 - \text{C}_{10}\text{H}_8\text{O})$ «.

Dieses Resultat scheint mir aber noch sehr der Bestätigung zu bedürfen, und zwar aus den folgenden Gründen: Küster stellt die isomorphen Mischungen durch Zusammenschmelzen von Naphtalin und Naphtol her, laugt dann die pulverisirte Schmelze mit Wasser aus und vergleicht

1) Zeitschr. f. phys. Chem. 1894, **13**, 445 und 1895, **17**, 357.

schliesslich die räumlichen Concentrationen des Naphtols in der wässrigen Lösung und in der ausgelaugten Schmelze. Er nimmt also stillschweigend an, dass die ausgelaugte Schmelze noch eine homogene feste Lösung bildet. Eine solche Annahme dürfte aber nicht gerechtfertigt sein. Das Naphtalin ist in Wasser gänzlich unlöslich; es ist also nicht verständlich, wie sich nach dem Auslaugen des Naphtols der Rest zu einem homogenen Gebilde umlagern soll, denn schliesslich werden die an der Oberfläche der pulverisirten Schmelze befindlichen Moleküle doch überwiegend zuerst gelöst werden.

Hat man es hier aber nicht mehr mit einer homogenen Lösung zu thun, so sind auch die Schlussfolgerungen hinfällig, und das möchte ich annehmen.

### 5. Die Untersuchungen von Hertz.

Die Versuche von Hertz<sup>1)</sup> sind zum grössten Theile schon im Abschnitt III berücksichtigt worden. Interesse dürften ausserdem noch die von ihm an dem Salzpaar Kaliumnitrat-Silbernitrat erhaltenen Resultate beanspruchen. Die beiden Körper krystallisiren nur innerhalb sehr enger Grenzen zusammen und zeigen die Eigenthümlichkeit, dass aus einer Lösung, die gleiche Theile derselben enthält, sich ein Doppelsalz von der constanten Zusammensetzung  $KNO_3$ ,  $AgNO_3$  abscheidet. Zur Erörterung der Molekulargrösse eignen sich allein die auf das Silbernitrat bezüglichen Zahlenwerthe.

Die maassgebenden Quotienten finden sich nachstehend mit den übrigen in Betracht kommenden Werthen zusammengestellt.

Nr. des Versuches	$\frac{y_2}{\text{Mol. } \frac{0}{0} \text{ } AgNO_3 \text{ in der Lös.}}$	$\gamma \cdot 100$ Disso- ciation	$\frac{c_2}{\text{mg Mol. } AgNO_3 \text{ in 1 l}}$	$\frac{x_2}{\text{Mol. } \frac{0}{0} \text{ } AgNO_3 \text{ in den Kr.}}$	$\frac{c_2}{x_2}$	$\frac{c_2[1+\gamma(\sqrt{x_2}-1)]}{x_2}$	$\frac{c_2}{\sqrt{x_2}}$
1	0,00	—	—	—	—	—	—
2	7,83	22,7	270	0,2896	944,1	834,6	504,7
3	16,96	24,6	654,3	0,6006	1084	1032	860,0
4	23,97	20,5	1040	0,9040	1150	1139	1094
5	29,84	18,9	1528	1,054	1450	1457	1488
6	32,28	17,1	2154	1,604	1344	1402	1698
7	43,85	17,0	2988	2,439	1223	1342	1913
8	52,70	15,9	4388	8,294	529,1	687,2	1524

Die Betrachtung der Tabelle lehrt, dass ebenso wie bei dem Salzpaar Kaliumnitrat-Thalliumnitrat die Constanz des Quotienten  $\frac{c[1+\gamma(\sqrt{x}-1)]}{x}$

1) Inaug.-Diss. Berlin 1895.



ein wenig geringer ist als diejenige von  $\frac{c}{x}$ . Die Hauptinconstanz wird freilich erst durch die Versuche Nr. 2 und 8 hervorgerufen, und bei diesen liegen besondere Verhältnisse bzw. Fehlerquellen vor. Wegen des sehr geringen Gehaltes an Silbernitrat würde z. B. schon ein Fehler von  $\frac{1}{10}\%$  beim Versuch Nr. 2 die Abweichung erklären, und beim Versuch Nr. 8 ist dagegen die Möglichkeit gegeben, dass die Mischkrystalle durch eine Beimengung des Doppelsalzes verunreinigt waren, denn die wässrige Lösung enthält hier schon 52,7 Mol.-% Silbernitrat. Ein Bedenken gegen die Schlussfolgerung, dass auch die Krystallmoleküle dieses Salzpaars der einfachen chemischen Formel entsprechen, scheint mir demnach in Ansehung aller Verhältnisse nicht vorzuliegen.

Die von Hertz an weiteren Salzpaaren erhaltenen Resultate dürften zur Erörterungen über die Molekulargrösse nicht geeignet sein.

## V. Allgemeine Schlussfolgerungen und Zusammenfassung der Resultate.

Wenn man versucht, die Resultate der vorliegenden Arbeit im Allgemeinen zusammenzufassen, so hat man wohl besonders zu beachten, dass die Grundlage aller Untersuchungen schliesslich die Theorie der festen Lösungen bildet, und dass diese Theorie einstweilen noch der Bestätigung bedarf. Es tritt also zunächst die Frage auf, wie weit etwa die Theorie der festen Lösungen durch die beobachteten Thatsachen gestützt werden kann. Nun, exact beweisen lässt sich ja schliesslich überhaupt keine Theorie, wenigstens nicht eine solche, die mit Begriffen bzw. Grössen operirt, die über die directe Beobachtung hinausgehen. Zur Thatsache werden kann demnach die Theorie der festen Lösungen ebensowenig wie die Atomtheorie.

Dergleichen Theorien lassen sich nur in der Weise sicher stellen, dass man aus denselben alle Grössenverhältnisse herleitet, welche sich mit innerer Nothwendigkeit erschliessen oder aus Analogie als wahrscheinlich erwarten lassen, und dann zusieht, wie weit jene Folgerungen durch die

Erfahrung bestätigt werden. Die Constanz des Quotienten  $\frac{c[1 + \gamma(\sqrt{x} - 1)]}{x}$

für binäre Elektrolyten ist als eine solche Consequenz der Theorie der festen Lösungen hingestellt worden, sie steht mit den beobachteten Thatsachen in Einklang, und dementsprechend haben wir als erstes allgemeines Resultat eine Bestätigung jener Theorie zu verzeichnen.

Von Bakhuis-Roozeboom<sup>1)</sup> wurde freilich die Constanz der Quo-

1) l. c.

tienten  $\frac{c(1-\gamma)}{x}$  bezw.  $\frac{c\gamma}{\sqrt{x}}$  verlangt, und diese Forderung wurde dann von

Nernst<sup>1)</sup> und mir<sup>1)</sup> auch wenigstens stillschweigend gebilligt; sie ist indessen nicht haltbar und führt zu directen Widersprüchen. Es liegt ihr nämlich die Annahme zu Grunde, dass das Gleichgewicht zwischen der festen und flüssigen Lösung bei den Elektrolyten einzig und allein durch die Concentration des nicht dissociirten Antheils bedingt wird, während der dissociirte Antheil hierbei nicht in Betracht kommen soll. Die Forderung  $\frac{c^2}{x}$  bezw.  $\frac{c^2\gamma^2}{x}$  würde demnach eigentlich erst bei völliger Dissociation gestellt werden können, und in diesem Punkte wäre dann eine sprungweise Aenderung des Gleichgewichtes bezw. der Löslichkeit zu erwarten. Fassen wir also z. B. eine Lösung ins Auge, welche mit den abgeschiedenen Mischkrystallen im Gleichgewichte ist, und deren Dissociationsgrad 99% beträgt, so würde nach Roozeboom jenes Gleichgewicht nur durch den nicht dissociirten Antheil von 1% bedingt werden. Der dissociirte Antheil könnte erst von Einfluss werden, wenn der Rest von 1% gleichfalls der Dissociation unterliegt. Nun wirkt aber nach völliger Dissociation — auch nach ihm — der dissociirte gelöste Körper in dem gleichen Sinne, wie vorher der nicht dissociirte Antheil, nämlich in dem Sinne, dass der Lösungstension der Krystalle entgegengearbeitet wird. Kräfte aber, welche in derselben Richtung zur Aeussierung gelangen, heben sich nach einem allgemeinen Naturgesetze nicht auf; ihre Wirkungen summiren sich vielmehr.

Es hätte also von vornherein für binäre Elektrolyten nur die Formel  $\frac{c[1+\gamma(\sqrt{x}-1)]}{x}$  zur Erörterung der Molekulargrösse in Betracht kommen dürfen; indessen ich will gern gestehen, dass mir die obige Schlussfolge auch erst klar wurde, nachdem sich die Unbrauchbarkeit der Formel von Roozeboom durch das Experiment herausgestellt hatte.

Durch die gefundene experimentelle Bestätigung der Formel  $\frac{c[1+\gamma(\sqrt{x}-1)]}{x}$  ist dann auch wohl der Ausspruch von Noyes widerlegt, nach dem es kein Mittel giebt, zu unterscheiden, welcher der beiden Antheile eines Elektrolyten die Sättigung bedingt. Ich möchte annehmen, dass durch die vorliegenden Versuche die Entscheidung dahin gefällt worden ist, dass beide Antheile gleichmässig — entsprechend dem Gesetze der Massenwirkung — an dem Sättigungsgleichgewichte theilhaft sind.

Hätten Nernst und Noyes auch Versuche mit leicht löslichen Salzen angestellt, so würden sie wohl selbst die Unrichtigkeit des aufgestellten Löslichkeitsgesetzes erkannt haben. Nach diesem Gesetze muss ja die Lös-

1) l. c.

lichkeit eines Salzes bei Zusatz eines zweiten mit gleichnamigem Jon stets abnehmen; das trifft aber nach den in dieser Arbeit gelieferten Daten — wie die Betrachtung der Columnen »Gesamttconcentration ( $c_1 + c_2$ )« in den beigegebenen Tabellen lehrt — regelmässig nicht zu. Die früher bekannten Ausnahmen von dem Gesetze, wie sie z. B. beim Kaliumnitrat und Bleinitrat gefunden wurden, suchte man ja durch Bildung grösserer Molekülcomplexe zu erklären. Ein solches Vorgehen ist aber natürlich jetzt nicht mehr zulässig, und dementsprechend müssen wir schon hieraus, ebenso wie aus der Annahme, dass die Löslichkeit sowohl durch den dissociirten als den nicht dissociirten Antheil bedingt wird, folgern, dass das Nernst'sche Löslichkeitsgesetz principiell falsch ist. Desgleichen wird dann auch die Noyes'sche Methode der Dissociationsbestimmung principiell unzulässig; indessen angenähert dürfte sie in den verwendeten Fällen, in denen ja auch das Löslichkeitsgesetz sehr angenähert zutrifft, doch richtige Werthe geliefert haben. Die mit Hülfe dieser Noyes'schen Dissociationszahlen in der vorliegenden Arbeit hergeleiteten Werthe verlieren also nicht alle Bedeutung; sie können sehr wohl als Annäherungswerthe gelten, und die auf Grundlage derselben gezogenen Schlussfolgerungen bleiben somit auch vollauf in Geltung.

An Stelle des Nernst'schen Satzes, dass die Concentration der nicht dissociirten Moleküle constant ist, wäre nach den vorstehenden Erörterungen der Satz aufzustellen, dass die Summe der Concentration der nicht dissociirten Moleküle und des Quadrates der Concentration der Ionen constant ist. Indessen lassen sich hiergegen von vornherein auch wohl mancherlei Einwürfe machen. Es wird nämlich hierbei stillschweigend die Voraussetzung gemacht, dass im festen Zustande bezw. in der festen Lösung keinerlei Dissociation möglich ist, und das möchte ich nicht als absolut sicher hinstellen. In Hinblick auf den Umstand, dass die Salze diese Erscheinung fast nur in wässrigen, nicht dagegen in alkoholischen etc. Lösungen zeigen, wird die Dissociation wohl nur gering angenommen werden können, aber ein minimaler Zerfall in die Ionen scheint mir nicht unwahrscheinlich. Alsdann resultirt aber ein weit complicirteres Löslichkeitsgesetz. Für den einfachen Fall der binären Elektrolyten handelt es sich dann um ein unvollständiges heterogenes Gleichgewicht zwischen zwei aufeinander reagirenden Molekülhaltungen in zwei verschiedenen Phasen. Bezeichnet  $c$  die Concentration und  $\gamma$  die Dissociation in der flüssigen Lösung, dagegen  $x$  und  $g$  die betreffenden Grössen für die feste Phase, so wird das Gleichgewicht geregelt durch die folgenden sechs Gleichungen:

$$1) \quad c(1 - \gamma) = k_1 c^2 \gamma^2$$

$$2) \quad \frac{c(1 - \gamma)}{x(1 - g)} = k_2$$

$$3) \quad \frac{c\gamma}{xg} = k_3$$

$$4) \quad \frac{c^2 \gamma^2}{x(1-g)} = k_4$$

$$5) \quad \frac{c(1-\gamma)}{x^2 g^2} = k_5$$

$$6) \quad x(1-g) = k_6 x^2 g^2,$$

in denen  $k_1, k_2$  etc. Constanten bedeuten.

Die Gleichung 4 definirt das Gleichgewicht in der flüssigen Phase, die Gleichung 6 hat die gleiche Bedeutung für die feste Phase; die übrigen vier Gleichungen bestimmen das Vertheilungsgleichgewicht. Nach dem Nernst'schen Vertheilungssatze würden hierfür nur die Gleichungen 2 und 3 in Betracht kommen; dieser Satz ist aber ebenfalls in Widerspruch mit der hier experimentell erhärteten Annahme, dass die Löslichkeit sowohl durch den dissociirten als den nicht dissociirten Antheil des Salzes bedingt wird, er ist also principiell unrichtig bezw. bedarf der Erweiterung, wie sie für den speciellen Fall durch die Formeln 4 und 5 geliefert wird.

Betrachtet man nun die obigen Gleichungen etwas näher, so wird man leicht finden, dass für den Fall, wo die Dissociation der festen Lösung  $g$  sehr gering ist, die Gleichungen 3, 5 und 6 so gut wie ausscheiden. Die Concentration der Ionen in der festen Phase wird dann unendlich klein, bezw. die Concentration der beteiligten Molekül-gattungen relativ unendlich gross. Es bleiben dann für das Vertheilungsgleichgewicht nur übrig die Gleichungen 2 und 4, und diese addirt geben, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass  $(1-g) = 1$  wird, und  $\frac{c^2 \gamma^2}{x} = \frac{c\gamma}{\sqrt{x}}$  = Const. ist, das folgende Resultat:

$$\frac{c[1 + \gamma(\sqrt{x}-1)]}{x} = k_2 + k_4 = \text{Const.}$$

So gelangen wir zu der annäherungsweise experimentell geprüften früheren Formel, welche für diesen vereinfachten Fall die Löslichkeitsverhältnisse regelt.

Wie weit diese vereinfachte Form zulässig ist, darüber lässt sich nach meiner Ansicht wohl nur an der Hand von Präcisionsversuchen im Sinne von S. 349 entscheiden, bei denen namentlich auch der Umstand genügend berücksichtigt wird, dass die Herstellung des Gleichgewichtes in festen Phasen sehr lange Zeit beanspruchen kann.

Für ternäre Elektrolyten liegen die Verhältnisse natürlich noch complicirter, indessen handelt es sich hier, nachdem die Ergänzung der Nernst'schen Gesetze einmal principiell gegeben ist, wohl nur, so zu sagen, um Uebungsaufgaben für Mathematiker. Allgemein lassen sich die in dieser Hinsicht gewonnenen Anschauungen wohl am besten in dem Satz zusammenfassen: Die Löslichkeitsverhältnisse bezw. das Gleich-



gewicht zwischen mehreren Phasen von variabler Zusammensetzung wird geregelt durch das Gesetz der chemischen Massenwirkung.

Von diesem Gesichtspunkte aus wird es denn auch verständlich, dass die hier untersuchten Gesetzmässigkeiten nicht allein für verdünnte Lösungen — wie nach den Principien der Einleitung zu erwarten — sondern ebensogut auch für die concentrirten zutreffen. Bei näherer Betrachtung der Tabellen sieht man übrigens leicht, dass die das Gleichgewicht zwischen der flüssigen und festen Lösung regelnde Constante — abgesehen von der Dissociation — schon a priori durch die Löslichkeit des reinen Salzes gegeben ist. Die Concentration  $x$  der festen Lösung nähert sich ja schliesslich immer der Einheit, und für diesen Grenzfall wird die Constante ent-

sprechend der Gleichung  $\frac{c}{x} = \frac{c}{1} = \text{const.}$  natürlich gleich der Concentration der reinen gesättigten Lösung. Kurz, die Löslichkeitscoefficienten haben — abgesehen von der Dissociation — die Bedeutung von Gleichgewichtsconstanten.

Die in der Einleitung entwickelten Principien für die Bestimmung der Molekulargrösse krystallisirter Körper — wie sie im Wesentlichen von Bakhuis-Roozeboom aufgestellt wurden — erleiden also eine erhebliche Umgestaltung. Das eigentliche Fundament der Methode bildet jetzt das Gesetz der chemischen Massenwirkung. An dem allgemeinen Resultate des experimentellen Theils aber, welches dahin lautete, die Molekulargrösse im krystallisirten Zustande entspricht dem normalen chemischen Molekül, wird nichts geändert; und dieses Resultat ist von grosser Bedeutung für die chemische Krystallographie und speciell für die Theorie der Krystalstruktur. Bisher stritten sich noch zwei Theorien um die Herrschaft auf diesem Gebiete, nämlich diejenige von Bravais und diejenige von Sohncke.

Die erstere nimmt an, dass die Krystalle aus lauter congruenten Molekülen bestehen, welche nach Raumgittern angeordnet sind und zwar der Art, dass die einzelnen Moleküle ohne Ausnahme einander parallel gestellt sind. Des Weiteren wird dann noch die Voraussetzung gemacht, dass die einzelnen Moleküle genau die gleiche Symmetrie besitzen, wie die Krystalle selbst. Haben dann Raumgitter und Krystallmolekül die gleiche Symmetrie, so resultiren die ehemals als holoëdrisch bezeichneten Gruppen der Krystalsysteme. Ist dagegen die Symmetrie des Moleküls geringer als diejenige des Raumgitters, so entstehen die übrigen (hemiedrischen etc.) Gruppen der Systeme.

Die zweite oder Sohncke'sche Theorie, welche in neuerer Zeit noch wesentlich durch Schönflies und v. Fedorow vervollständigt wurde, lässt die Annahme, dass alle Krystallmoleküle einander parallel gestellt sind, fallen und ebenso jegliche Forderung hinsichtlich der Symmetrie der

Moleküle; sie hält nur die Bedingung fest, dass die Vertheilung der Moleküle um jedes einzelne genau die gleiche ist, wie um jedes andere. In der erweiterten Gestalt macht dann diese Theorie noch die Annahme, dass die Krystallmoleküle allgemein in zwei verschiedene Arten zerfallen, welche einander spiegelbildlich gleich sind. Aus ihnen werden dann die Krystalle im Allgemeinen zu gleichen Theilen aufgebaut, und nur diejenigen Individuen, die als Symmetrieelemente einzig Symmetrieaxen besitzen, sollen nur die eine Art der Krystallmoleküle enthalten.

Mit der hier gewonnenen Anschauung, dass allgemein Krystallmolekül und chemisches Molekül identisch sind, ist die erstgenannte Theorie von Bravais nicht vereinbar.

Man müsste denn eventuell die Annahme machen, dass z. B. ein Molekül  $KCl$ ,  $NH_4Cl$  oder  $Ba(NO_3)_2$  die Symmetrie des regulären Systems besitzt. Es bedarf in dieser Hinsicht also wohl keiner weiteren Worte, und der Bravais'schen Theorie kann somit — wie ich schon früher bemerkte<sup>1)</sup> — für die Zukunft nur noch ein historisches Interesse beigemessen werden.

Von besonderer Wichtigkeit sind dann noch die bei einigen krystallwasserhaltigen Körpern sowie den Doppelsulfaten gewonnenen Resultate. Die bei ihnen bisher wohl allgemein vorausgesetzten Molekülverbindungen können sonach ebensowenig im krystallisirten Zustande wie in der flüssigen wässrigen Lösung angenommen werden.

Die constante chemische Zusammensetzung ist hier einfach auf die regelmässige Anordnung bzw. Ineinanderstellung von regelmässigen Molekülhaufen zurückzuführen.

Es könnte hiernach leicht die Frage aufgeworfen werden, ob denn nicht unter diesen Verhältnissen die Structurtheorie einer Erweiterung bedürfe; denn oben wurde gesagt, dass diese Theorie nur zwei verschiedene Arten von Molekülen zulasse, welche überdies als spiegelbildlich gleich vorausgesetzt werden; in den untersuchten krystallwasserhaltigen Doppelsulfaten aber müssten ja nothwendig dreierlei Molekülarten angenommen werden.

Nun diese Frage ist schon von Schönflies<sup>2)</sup> im voraus beantwortet worden. Im Sinne seiner Theorie würde z. B. ein sogenanntes krystallwasserhaltiges Doppelsalzmolekül einen »Fundamentalebene« (Stereoëder nach v. Fedorow) ausmachen, welcher dadurch charakterisirt ist, dass er von allen verschiedenwerthigen Punkten des Raumes in seinem Inneren mindestens je einen enthält. Da aber bei seinen Erörterungen die Qualität der Moleküle gänzlich unbestimmt geblieben ist, so kann vom Stand-

1) Diese Zeitschr. 1896, 25, 566.

2) Krystallsysteme und Krystallstructur. Leipzig 1894, S. 640; vergl. hierüber auch Groth, Physikalische Krystallographie. Leipzig 1894, S. 267.

punkte der abstracten Theorie aus auch ein solcher Fundamentalbereich als Molekül hingestellt werden, und demgemäss ist es ausgeschlossen, dass auf diesem Wege neue Structurformen resultiren.

Andererseits ist aber auch zu beachten, dass für die Abgrenzung eines solchen Fundamentalbereiches keinerlei positive Anhaltspunkte gegeben werden, und dass auch die Abgrenzung zweier Fundamentalbereiche von einander von der Abgrenzung der einzelnen Theile ein und desselben Fundamentalbereiches nicht als verschieden angenommen werden darf. Der Name Krystallmolekül dürfte deshalb — falls man ihn bei dieser Klasse von Verbindungen beibehalten sollte — leicht zu Missverständnissen Veranlassung geben können.

Allgemein zeigt sich aber wohl, dass die in dieser Arbeit gewonnenen Resultate mit der sogenannten Structurtheorie in Einklang stehen; will man dieselben zum Schlusse noch einmal zusammenfassen, so lauten sie kurz:

- 1) Die Theorie der festen Lösungen findet Bestätigung.
- 2) Das Gleichgewicht einer gesättigten Salzlösung wird ebenso sehr durch den dissociirten als den nicht dissociirten Antheil bedingt, nicht aber durch einen allein, u. s. w.
- 3) Die Krystallmoleküle der einfachen chemischen Körper sind — soweit die Untersuchungen reichen — allgemein mit den normalen chemischen Molekülen identisch. Daraus folgt dann die Unzulänglichkeit der Bravais'schen Theorie.
- 4) Die bisherige Annahme, dass die in der Lösung zerfallenen Doppelsalze und krystallwasserhaltigen (und racemischen?) Verbindungen im krystallisirten Zustande chemische Moleküle, d. h. besonders abgegrenzte Complexe bilden, ist nicht haltbar. Die constante chemische Zusammensetzung ist auf eine regelmässige Ineinanderstellung regelmässiger Molekülhäufen zurückzuführen.

Der experimentelle Theil dieser Arbeit wurde im technologischen Institute der Universität Berlin ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Director desselben, Herrn Geheimrath Prof. Dr. Wichelhaus, für die grosse Freundlichkeit, mit der er mir die Hilfsmittel des Laboratoriums zur Verfügung stellte, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

### Inhaltsübersicht.

	Seite
I. Einleitung. Die theoretischen Grundlagen . . . . .	337—345
II. Allgemeine Beschreibung der Versuche.	
1. Anordnung der Versuche. . . . .	345—349
2. Berechnung der Versuche . . . . .	349—354
III. Beschreibung der speciellen Versuchsreihen.	
1. Kaliumchlorid, Ammoniumchlorid . . . . .	354—354
2. Kaliumbromid, Ammoniumbromid . . . . .	354—357

	Seite
3. Kaliumchlorid, Kaliumbromid . . . . .	357—362
4. Kaliumbromid, Kaliumjodid . . . . .	362—363
5. Kaliumchlorid, Kaliumjodid . . . . .	363
6. Kaliumnitrat, Thalliumnitrat . . . . .	363—365
7. Baryumnitrat, Bleinitrat . . . . .	365—370
8. Bleinitrat, Strontiumnitrat . . . . .	370—372
9. Kaliumsulfat, Ammoniumsulfat . . . . .	372—378
10. Kaliumsulfat, Kaliumchromat. . . . .	378—382
11. Baryumformiat, Bleiformiat. . . . .	382—383
12. Harnstoff, Sulfoharnstoff . . . . .	383—384
13. Nickelsulfat, Kupfersulfat . . . . .	385—388
14. Strontiumhyposulfat, Bleihyposulfat . . . . .	388—390
15. Kalium-Cadmiumchlorid, Ammonium-Cadmiumchlorid . . . . .	390
16. Kalium-Kupfersulfat, Ammonium-Kupfersulfat . . . . .	390—393
17. Ammonium-Kupfersulfat, Ammonium-Nickelsulfat . . . . .	393—394
18. Ammonium-Kupfersulfat, Ammonium-Zinksulfat . . . . .	394—396
19. Kaliumalaun, Thalliumalaun . . . . .	396—398
20. Mandelsaure Salze . . . . .	398—399
IV. Erörterungen über die Untersuchungen anderer Forscher.	
1. Die Versuche von Bakhuis-Roozeboom . . . . .	400—401
2. - - - Fock . . . . .	401
3. - - - Muthmann und Kuntze . . . . .	401—404
4. - - - Küster . . . . .	404—405
5. - - - Hertz . . . . .	405—406
V. Allgemeine Schlussfolgerungen und Zusammenfassung der Resultate . . . . .	
	406—412



# XXI. Ueber Entwicklung der Krystallformen.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

## II. Theil<sup>1)</sup>.

(Hierzu Tafel V—VIII.)

Mit Hülfe der im ersten Theile dieser Untersuchung dargelegten Erfahrungen über Entwicklung der Formen können wir unsere Vorstellung von der Wirkungsweise der flächenbildenden Partikelkräfte etwas abklären. Das wollen wir zunächst versuchen.

**Kraftsphäre. Primärkräfte.** Denken wir die Partikel nach allen Richtungen anziehend, in jeder Richtung vom Schwerpunkte aus die Intensität aufgetragen, so erhalten wir die Partikel umgeben von einer continuirlichen Kraftsphäre. Die Sphäre kann durch Einzelkräfte ersetzt werden, indem jede Zwischenkraft in Componenten nach gewissen bevorzugten Richtungen zerfällt. So scheiden sich die Primärkräfte aus. Es müssen deren mindestens vier sein; z. B. senkrecht auf die Flächen eines Tetraeders.

Die Kraftsphäre ist bestimmt durch den inneren Aufbau der Partikel, durch die Massen und die Anordnung der darin vereinigten Massenpunkte (Atome) oder Massengruppen (Moleküle). Je nach der Disposition dieser Theile sind gewisse Richtungen bevorzugt. Sie bestimmen die Art des Zerfalls der Sphäre in Einzelkräfte und sind selbst die primären Kraftrichtungen. Im Projectionsbild zeigen sie sich als die primären Knoten.

Führen wir die **Hypothese** ein: Es seien diese bevorzugten Richtungen die Geraden aus dem Schwerpunkt der Partikel nach den Schwerpunkten ihrer discreten Massentheile (Atome, Moleküle), so erhalten wir im Allgemeinen viele bevorzugte Richtungen, viele primäre Knoten. Unter ihnen haben einige besondere Intensität, sammeln einen

---

1) Der erste Theil findet sich in dieser Zeitschr. 1897, 28, 4.

grossen Theil der Sphäre in sich und haben dadurch vor den anderen den Vorzug. Wir nennen sie Hauptprimärrichtungen, ihre Projectionspunkte Hauptprimärknoten. Vielleicht sind es die Richtungen durch die Schwerpunkte der grössten Massen. Die untergeordneten Primärkräfte können sich auf die Richtungen der stärksten Primärkräfte vereinigen, so dass nur diese wirkend bleiben. Immerhin behalten sie einen Vorzug, der unter Umständen zur Geltung kommt.

Diese grössten Massen fixiren durch ihre Lagerung in den Grundzügen den Aufbau der Partikel, und nachdem sie das gethan, sind es dieselben, welche durch ihren Ort und ihre Masse die Richtung und Intensität der krystallbauenden Primärkräfte bestimmen. Wie durch sie das räumliche Netz des Krystalls, die Anordnung der Partikel im Raum zu Stande kommt, wollen wir weiter unten zu zeigen suchen. Hier betrachten wir nur ihre Rolle bei der Entwicklung der Formen.

Ist unsere Hypothese richtig, so haben wir in ihr die Verknüpfung zwischen Form, Aufbau der Krystalle und Zusammensetzung der Partikel.

**Einwand gegen die Hypothese.** Ob die Hypothese haltbar sei, wird sich erst aus den Consequenzen ergeben. Ein Widerspruch scheint in Folgendem zu liegen.

Es seien in einer Ebene (Zonenebene) die Hauptmassencentren  $P_1 P_2, Q_1 Q_2$ ; schwächer als diese seien  $N_1 N_2 N_3 N_4$  in der Vertheilung der Fig. 4, Taf. V. Dann sind die Geraden vom Schwerpunkt  $S$  nach den  $P, Q$  die Richtungen der Hauptprimärkräfte; die Geraden nach den  $N$  sind Richtungen untergeordneter Primärkräfte. (Der Einfachheit wegen sei  $P_1 = P_2, Q_1 = Q_2, N_1 = N_2 = N_3 = N_4$ .) Die Kräfte in der Ebene, (inclusive der Wirkung der  $N$ ) auf die Hauptrichtungen  $SP, SQ$  vereinigt, seien  $p_0, q_0$  mit den Schnittpunkten  $0, \infty$  in  $AB$ . Es gehen dann die abgeleiteten Richtungen, wie wir sahen, von  $S$  nach 1, dann  $\frac{1}{2} 2, \frac{1}{3} 3 \frac{2}{3} \frac{3}{2}, \dots$

Es mögen nun die  $N$ , z. B.  $N_4$ , in keiner dieser einfach abgeleiteten Richtungen liegen (nicht im einfachen Verbande mit den Hauptknoten), so dass  $0n : q_0$  keine rationale Zahl sei. Die Beobachtung zeigt aber die untergeordneten Knoten im einfachen Verbande mit den Hauptknoten. Berücksichtigen wir die Annahme, die  $N$  haben ihren Kraftantheil mit den  $P, Q$  vereinigt und liefern nicht selbst eine Flächennormale, sondern schaffen nur einer aus der Kraftsphäre (in unserer Ebene auf  $p_0 q_0$  reducirt) abgeleiteten den Vorzug, so könnte der Widerspruch auf verschiedene Art gelöst werden:

1.  $N$  schafft einer möglichst benachbarten Richtung einfacher Ableitung den Vorzug. Wir hätten dann den Ort der Massencentren nicht immer genau, sondern oft nur nahezu in der Richtung der ihnen entsprechenden Knoten zu suchen.

2. Untergeordnete Massenpunkte liefern Knoten nur dann, wenn ihre Richtung ganz oder nahezu mit einer Richtung einfacher Ableitung zusammenfällt. Wir hätten dann aus jedem Primärknoten auf ein darunter liegendes Massencentrum zu schliessen. Manche Massencentren aber kämen so nicht zum Ausdrucke.

3. Irreguläre Massencentren  $N$ , d. h. solche, die andere Knoten hervorzubringen streben, als die durch die Entwicklung aus den Hauptprimärknoten vorgezeichneten, verursachen eine Störung in der Weise, dass sie eine hohe Differenzirung der Formenreihen verhindern, so dass nur die Primärformen und wenige abgeleitete entstehen. Dies würde zu einer Erklärung der Erscheinung beitragen, dass Krystalle von complicirter Zusammensetzung und niederer Symmetrie in der Regel formenarm sind.

4. Die Massen richten sich innerhalb der Partikel ein, ordnen sich so, wie es der Ableitung entspricht, z. B.  $N$  in die Ebene  $PQ$  und zwar in die Resultante  $S4$  (Fig. 2).

Die letzte Lösung würde den Widerspruch ganz beheben. Möglich, dass, wo die letzte nicht zutrifft, eine der anderen Lösungen eintritt.

**Kraftsphäre. Primärkräfte. Abgeleitete Kräfte. Formensystem. Gesamtbild.** Ist die Kraftsphäre auf die stärksten Primärkräfte reducirt, und wirken diese flächenbildend, so entsteht die Primärform. Der Vorzug der Primärrichtungen bedingt nicht, dass die Reduction der Sphäre auf sie erfolgen müsse. Ein äusserer Einfluss kann Reduction auf eine Zwischenrichtung bewirken. Da aber der äussere Einfluss im Verhältniss zu den Partikelkräften schwach ist, so bringt er nur solche Richtungen zum Vorzug (Auslösung), die nach der Natur der Sphäre an Vorzugsberechtigung den Primärrichtungen nahe stehen. Solche stehen in enger Beziehung zu den Primärkräften. Wir können sie ableiten, indem wir die Sphäre durch die Primärkräfte ersetzt denken und aufsuchen, was sich durch Beeinflussung dieser ergibt. Wir finden da, dass zwei Primärkräfte zu einer Zwischenkraft zusammentreten u. s. w., kurz die im ersten Theile gegebene Entwicklung der freien Zone.

Der Vorgang dürfte in Wirklichkeit nicht der sein, dass die Primärkräfte sich ausscheiden und umgesetzt werden, vielmehr wird aus der Sphäre direct das ausgeschieden, was der äussere Einfluss veranlasst. Das ist aber dasselbe, was entstände, wenn die Primärkräfte fertig dastünden und durch den Einfluss sich theilten und vereinigten. Die Primärkräfte sind nicht nothwendig ausgeschieden, aber die Wirkung ist so, als ob sie es wären. So hat auch jede abgeleitete Kraft eine ihr zukommende Intensität, mit der sie wirkte, wenn sie aufräte. Wir nennen sie einfach die Intensität der Kräfte. Sie giebt das Maass für die Wahrscheinlichkeit des zugehörigen Punktes, sowie für dessen Einfluss auf die anderen.

Durch die Neigung der Kraftsphäre, sich auf bestimmte Weise zu reduciren, durch die Fähigkeit der Primärkräfte, sich auf äussere Anregung unter sich in bestimmter Weise zu differenziren (Complication) und gewisse abgeleitete Kräfte zu bilden, durch die Fähigkeit dieser Kräfte, einander in ganz bestimmter Weise zu beeinflussen, — durch alles dieses enthält die Kraftsphäre eine grosse Reihe von flächenbildenden Resultanten als möglich vorgebildet, nach Intensität und Wahrscheinlichkeit im Rang abgestuft. Die Beobachtung lässt bis zu einer gewissen Rangstufe herab die Wahrscheinlichkeit zur Wirklichkeit werden. Das, was oberhalb dieser Grenze liegt, bildet die Gesamtheit der Formen einer Krystallart in den Grenzen der Beobachtung, ihr Formensystem. Die Gesamtheit der in einem speciellen Falle aus der Kraftsphäre zugleich ausgeschiedenen, flächenbildenden Resultanten nennen wir eine Combination. Die Abbildung des Formensystems nennen wir das Gesamtbild. In der Kraftsphäre der

Partikel ist das Formensystem der Krystallart, sowie alle möglichen Combinationen als Fähigkeit vorgebildet.

**Analogon. Flageolettöne. Obertöne.** Eine gespannte Saite hat die Fähigkeit, auf gewisse äussere Anstösse (Streichen, Zupfen) einen bestimmten Ton (Grundton) hervorzubringen. Leichtes Berühren in der Mitte (Auslösung) bewirkt beim Anstreichen das Erklingen der Octav (Flageolet). So sind noch andere Töne, die mit dem Grundton in Bezug auf Ableitung in enger Verbindung stehen, als Fähigkeiten in der Saite vorgebildet. Sie erhalten durch schwache Auslösungen (Nähe des Fingers an bestimmter Stelle) einen Vorzug, so dass sie beim Anstreichen der Saite statt des Grundtons erklingen. Auch die Flageolettöne haben eine Rangordnung der Wahrscheinlichkeit, die Octav die höchste. Bei einer gewissen Grenze wird die Wahrscheinlichkeit so gering, dass man darüber hinaus keine Flageolettöne mehr hervorbringt.

Aehnlich ist es mit den Obertönen. Ein Ton mit den factisch begleitenden Obertönen entspricht einer Combination. Ein modificirter Versuch liefert eine andere Combination. Jedes Instrument giebt für jeden Ton gewissen begleitenden Obertönen den Vorzug. Die Obertöne wechseln bei verschiedener Behandlung, jedoch für dasselbe Instrument mit beschränkter Wahl. Die Gesamtheit der Combinationen (man könnte analog dem Formensysteme sagen: das Klangsystem) giebt dem Instrumente und jedem seiner Klänge den Charakter. Jedes Anschlagen ruft einen der vorgebildeten Klänge hervor und keinen anderen.

**Grenzen der Entwicklung.** Ueber die Arten der auslösenden Beeinflussung wissen wir derzeit nichts. Sie können vielerlei Combinationen verursachen. Wir bemerken aber, dass in der Entwicklung des Formensystems gewisse Grenzen nicht überschritten werden. Sind für eine Krystallart bereits viele Formen bekannt (z. B. Calcit), so ist das Gesamtbild im Wesentlichen fertig. Die Erfahrung zeigt, dass dann zutretende Beobachtungen nicht neuartige Entwicklung bringen, sondern sich, in Details ergänzend, in den Rahmen des Bekannten einfügen. Die Entwicklung nähert sich asymptotisch einer gewissen Grenze.

**Analogon.** So wächst eine Baumart nicht über ein gewisses Maass, kein Mensch lebt 200 Jahre. Die Grenzen sind nicht durch die Möglichkeit gezogen, sondern durch die Wahrscheinlichkeit, die bei einer genügenden Zahl von Fällen mit der Wirklichkeit zusammenfällt.

Daraus ist zu schliessen, dass entweder die Arten der Beeinflussung nicht gar mannigfache sind, oder, was wahrscheinlicher ist, dass die verschiedensten Einflüsse doch nur einer Differenzirung in beschränkter Auswahl den Vorzug der Wahrscheinlichkeit geben.

**Charakterisirung eines Formensystems durch die Symmetrie und die Hauptzüge der Entwicklung.** Wir finden bei jeder Krystallart an jedem Individuum eine Anzahl Hauptzonen ausgebildet. Sie bestimmen den Typus. In diesem Sinne, der wechselnden Wahl der auftretenden Hauptzonen, hat jede Art nur wenige Typen. In den Hauptzonen kann eine beschränkte Zahl von Flächen hauptsächlich ausgebildet sein. Damit ist die Entwicklung in den Hauptzügen erschöpft. Die Mannigfaltigkeit



entsteht durch die Detailentwicklung zwischen den durch jede Combination in Beziehung gesetzten Knoten; hierzu gehört auch die innere Complication der Hauptzonen zwischen ihren Hauptpunkten.

**Beispiel. Quarz** (Proj.-Bilder. Taf. X—XII, XIX. Index 3, 4).

Am Quarz haben wir jedesmal und ausschliesslich folgende Hauptzonen:

I. Erste Parallelzone:  ${}^1sr^2\rho^3s^4b^4 = [1, +10, -10, 1, \infty 0]$  mit den durch die Symmetrie bedingten gleichwerthigen Zonen.

Darin ausser  $srqb$  noch wesentlich:

$v\cdot$	$x\cdot$	$y\cdot$	$u\cdot$	$F\cdot$	$\xi\cdot$	$\eta\cdot$	$u\cdot$	$t\cdot$
+74	+54	+44	+34	+24	—54	—44	—34	—24

II. Axenzone:  $r^2b^2\rho^5$  mit den durch die Symmetrie bedingten gleichwerthigen.

Darin ausser  $rbq$  noch wesentlich:

$f$	$g$	$h$	$p$	$\vartheta$	$\pi$
+40	+30	+20	$+\frac{1}{2}0$	—30	—20

Damit ist in den Hauptzügen das Formensystem des Quarzes festgelegt. Die Details bilden sich durch Complication innerhalb dieser beiden Zonen, im Einzelnen bestimmt durch die verschiedene Intensität der Knoten. Die Punkte dicht gedrängt an  $r$  und  $q$  wegen deren hoher Intensität.

Weitere Details liefert  $r$  im Zusammenwirken mit den anderen  $r$ , mit  $p$ , mit  $F\cdot u\cdot y\cdot x\cdot v\cdot$ . Eine schwache Entwicklung zeigt sich noch von  $s$  nach  $F\cdot u\cdot y\cdot$ , zwischen den Prismen  $bb$ , sowie den anderen angeführten wichtigen Punkten. Damit ist auch die Detailentfaltung des so formenreichen Quarzes erschöpft. Die Symmetrie mit ihrer Wiederholung des Gleichartigen vollendet das Bild. Neubeobachtungen haben sich bisher stets in den Rahmen dieser Entwicklung eingefügt.

Für Calcit, Quarz, Rothgiltigerz, Eisenglanz sind auf Taf. 49 der Proj.-Bilder die Hauptzonen gezeichnet. Sie geben ein Bild solcher Entwicklungen. Wir bemerken wesentliche Verschiedenheit und erkennen, wie man durch Zeichnen resp. Nennen einiger Zonenlinien ein Formensystem charakterisiren kann.

**Allgemeine Entwicklung eines Formensystems.** Die Formen einer Krystallart entwickeln sich also in folgender Weise: Es erscheinen Primärknoten und spannen Zonen zwischen sich. Die abgeleiteten Punkte dieser Zonen werden selbst zu Knoten. Zwischen den primären und den wichtigsten abgeleiteten Knoten ( $1, \frac{1}{2}, 2, \dots$  wenn die Primärknoten  $= 0, \infty$  sind) spannen sich Zonen untergeordneter Bedeutung. Durch diese Entwicklung nach Zonen erscheinen die Punkte nicht wie die Sterne am Himmel ausgestreut, sondern auf einzelne gerade Linien beschränkt. In den Zonen folgen die Punkte, so lange keine Störung stattfindet, dem Gesetz der freien Entwicklung (Complication).

**Primärknoten. Abgeleitete Knoten. Primärdominanten.** Die ersten und wichtigsten abgeleiteten Knoten sind die Dominanten zwischen je zwei Primärknoten, d. h. die Punkte 4 in der Entwicklung  $0 \dots 4 \dots \infty$ . Wir wollen sie Primärdominanten nennen.

**Primäre, secundäre, tertiäre Zonen. Nebenzonen.** Es mögen bezeichnet werden:

als primäre die Zonen zwischen 2 Primärknoten,  
 - secundäre - - - 4 Primärknoten und 4 Primärdominante,  
 - tertiäre - - - 2 Primärdominanten.

Diese drei Arten bilden in den Hauptzügen das Formensystem auch hoch entwickelter Arten. Andere Zonen wollen wir untergeordnete oder Nebenzonen nennen. Unter diesen sind wichtig die Zonen von den Primärknoten nach den abgeleiteten Punkten  $\frac{1}{2}$ , 2, . . . benachbarter Zonen.

**Aeltere, jüngere Zonen. Reichthum. Rang.** Die ersten Zonen bilden sich zwischen den Primärknoten, die nächsten zwischen den Primärknoten und Primärdominanten, dann (bei normalem Verlauf) zwischen den Primärdominanten etc. So haben wir eine Reihenfolge, Altersfolge der Zonen. Aeltere Zone sei eine solche, die dem Anfang der Entwicklung näher steht, als eine andere, jüngere. In der Regel ist die ältere Zone die (an Punkten) reichere. Doch hängt der Reichthum einer Zone ab von Intensität und Winkelabstand der Endknoten. Alter und Reichthum bestimmen den Rang. Eine ältere Zone kann im Rang einer jüngeren nachstehen; denn es kommt vor, dass eine Dominante stärker ist und dem anderen Endknoten näher steht, als ein schwacher Primärknoten.

**Störungen.** Abweichungen von der nach der Ableitung normalen Folge der Punkte seien als Störungen bezeichnet. Wir wollen davon zwei Arten hervorheben, die übrigen zusammenfassen. Danach unterscheiden wir: 1. Verstärkung einzelner Punkte, 2. Ablenkung, 3. sonstige Störung.

**Verstärkung einzelner Punkte.** Wir fanden, dass in der Zone einzelne Punkte verstärkt sind, d. h. auf ihre Umgebung, auch wohl nur nach einer Seite, stärkeren Einfluss haben, als ihnen bei freier Entwicklung zukommt. Wir bemerken dafür zwei Ursachen:

1. Der verstärkte Punkt ist ein Primärknoten (Hauptknoten oder untergeordneter Primärknoten).

2. Im verstärkten Punkt schneidet eine Zone ein.

Durch Spaltung der Zone in freie Stücke fanden wir die verstärkten Punkte<sup>1)</sup>. Einige derselben, die stärksten, betrachten wir als Ausgang der Entwicklung, als Hauptprimärknoten. Im Schnittpunkte zweier Zonen finden wir jedesmal eine Verstärkung. Wo diese Ursache fehlt, und doch eine Verstärkung da ist, vermuthen wir einen untergeordneten Primärknoten.

**Ursache der Verstärkung beim Einschneiden.** Wir können die Er-

1) Vergl. diese Zeitschr. 28, 31.

scheinung so erklären: Ist in der einschneidenden Zone im Schnittpunkte eine Resultante bereits gebildet, so wirkt diese bestimmend auf die Kräfte-theilung in der geschnittenen Zone, so dass auch aus dieser ein Antheil in die gemeinsame Richtung fällt, in der sich die Intensität beider summirt. Den Fall, dass das Einschneiden erst die gemeinsame Fläche erzeugt, können wir so deuten: Wir nehmen an, dass ein Punkt um so wirksamer und zugleich um so wahrscheinlicher ist, je stärker die Resultante in seiner Richtung wäre, wenn sie zu Stande käme (S. 446). Die Resultante in der gemeinsamen Richtung ist aber die Summe der beiden Antheile.

Die Erscheinung hat Aehnlichkeit mit der Erzanreicherung im Schnitt zweier Gänge.

**Verstärkung eines Punktes durch die Symmetrie.** Liegt ein Punkt auf einer Symmetrielinie, so bringt jede durch ihn gehende Zonenlinie (ausser der Symmetrielinie selbst) eine weitere Zonenlinie mit sich, die den Punkt durch Einschneiden verstärkt. Die Verstärkung wächst, wenn der Punkt zwei oder mehr Symmetrielinien angehört.

**Beispiel. Calcit.** Der Punkt  $\varphi = -2$  liegt in der Symmetrielinie  $o\varphi.b = 0 \cdot -2 \cdot \infty$ . Die Zone  $\varphi^3 p^4 \varphi^5$  bringt die symmetrische Zone  $\varphi^1 p^6 \varphi^5$  mit sich. Das Zonenstück  $a^4 K^4 : \varphi^5 = \infty 0 \cdot + 42 \cdot -2$  bedingt die symmetrische Hälfte  $^6 a K^4 \varphi^5$ . Alle, in  $\varphi^5$  zusammentreffend, erhöhen die Intensität dieses Punktes.

**Einfluss der Symmetrie auf Formenreichthum und Mannigfaltigkeit.** Es ist möglich, dass die Symmetrie an sich den Formenreichthum vermehrt, d. h. Zonen reicher, Punkte stärker macht. Denn vollzieht sich an einer Stelle eine Differenzirung, so zieht der eine ausgeschiedene Punkt nach dem Gesetz der Holoëdrie<sup>1)</sup> die Ausscheidung aller symmetrischen nach. Eine  $pq$ -Fläche im regulären System bringt 47 mit. Alle diese, einmal hervorgerufen, wirken weiterbildend zusammen.

Umgekehrt dürfen wir annehmen, dass eine Form im Allgemeinen nicht auftritt, wenn sie nicht im Stande ist, die symmetrischen mit hervorzubringen. Wir können es uns so vorstellen, dass die Complication zwar an einer Stelle zuerst stattfindet, aber wieder erlischt (der Ansatz zuwächst), wenn sich nicht die entsprechende Krafttheilung auch an den symmetrischen Stellen vollzieht. Dann richten die übrigen Stellen die Ausnahmestelle nach dem Gesetz der Holoëdrie wieder nach sich ein. Diese erhöhte Anforderung ist ein Hinderniss für die Mannigfaltigkeit.

1) Das Gesetz der Holoëdrie erfordert, dass überall da, wo an demselben Krystallelement (Partikel) gleiche Verhältnisse in Bezug auf Richtung und Grösse der Kräfte vorliegen, dieselbe Wirkung (Complication) gleichzeitig statfinde, d. h. dass jede Fläche (Einzelfläche) alle gemäss den Elementen des Krystalles zu ihr symmetrischen gleichzeitig hervorruft (Gesamtform) (Index 1, 40).

Die höhere Symmetrie als Förderungsmittel und zugleich als Hinderniss bewirkt bei höchster Symmetrie, im regulären System, grossen Reichtum bei geringer Mannigfaltigkeit, im triklinen System Armuth an Formen, in den Systemen mittlerer Symmetrie, dem hexagonal-rhombödrischen und dem rhombischen, den grössten Reichtum bei höchster Mannigfaltigkeit.

**Primärknoten auf Symmetrielinien.** In der Regel liegen die Primärknoten auf Symmetrielinien. Zwischen ihnen spannen sich die Hauptzonen. Ihr durch die Symmetrie wiederholtes Einschneiden erhöht die Bedeutung dieser Knoten. Die Verstärkung der Punkte auf Symmetrielinien dürfte dazu beitragen, auf solchen gelegene Primärknoten zu Hauptknoten zu machen.

**Ausbildung der Flächen.** Wir finden ebene, facettirte, krumme Flächen. Die facettirten Flächen geben mehrfachen, die krummen einen ausgedehnten Reflex (Lichtfleck, Lichtzug). Der Reflex resp. seine Abbildung in gnomonischer Projection charakterisirt die Fläche. Wir können deshalb von Eigenschaften des Reflexes oder der Projection statt von denen der Fläche sprechen<sup>1)</sup>.

**Ursache der Flächenkrümmung** kann eine doppelte sein:

1. Unregelmässigkeit im Krystallbau, als isomorphe Einlagerung, versteckte Viellingsbildung und axiale Verwachsung<sup>2)</sup>, Anwachsen an andere feste Körper, Biegen durch Druck während des Wachsens u. a.

2. Störungen, Ablenkungen, Schwankungen am ungestört aufgebauten, homogenen Krystall.

Krumme Flächen der zweiten Art gehören zum Formensystem der Krystallart. Wir nennen sie **Uebergangsflächen** oder **krumme Flächen der Formenentwicklung**.

Anm. Ueber solche ist noch wenig bekannt. Da ich mich bei Besprechung und Deutung dieser Erscheinung nicht auf Bekanntes beziehen konnte, so hätte die Auseinandersetzung hier zu weit geführt. Ich habe daher Diesbezügliches besonders publicirt<sup>3)</sup>. Die Uebergangsflächen, zu denen u. a. auch die Aetzfiguren und Wachstumsfiguren auf den Flächen gehören, erfordern ein weiteres eingehendes Studium.

**Ablenkung.** Es sind Erscheinungen beobachtet, welche darauf hinweisen, dass flächenbildende Kräfte (Punkte) auf benachbarte ablenkend wirken, indem sie solche zu sich heranzuziehen suchen; dass Zonen d. h. ein System von Kräften einer Ebene (Punkte einer Geraden) die Punkte einer vorbeistreichenden oder unter spitzem Winkel geschnittenen Zone zu sich ablenken, dass ein starker Punkt eine vorbeistreichende Zonenlinie krümmt<sup>3)</sup>. Solche Ablenkung bringt Punkte hervor, die sich vom typischen Ort etwas entfernen, sowie krumme Flächen (Uebergangsflächen).

1) Vergl. diese Zeitschr. 1896, 26, 3.

2) Vergl. Index 3, 436.

3) Diese Zeitschr. 1896, 26, 4.



Das Studium solcher Ablenkungen verspricht reiche Aufschlüsse über die Wirkungsweise der flächenbildenden Kräfte. In der vorliegenden Arbeit wollen wir aber von diesen feineren Eigenthümlichkeiten absehen und nur die einfachsten Gesetze der Formenentwicklung studiren.

**Höfe.** Wir beobachten im Projectionsbild jeder formenreichen Art, dass in der Umgebung der wichtigen Knoten ein Gebiet von Punkten frei bleibt. Die Punkte rücken in der Nähe des Knotens dichter zusammen, hören aber in einiger Entfernung auf. So ist jeder wichtige Knoten von einem leeren Gebiet umgeben, das wir Hof nennen wollen. Je reicher die Zonen, desto auffallender sind die Höfe.

**Beispiele:** Calcit  $p \cdot \varphi \cdot \delta a$ , Rothgiltigerz  $p \cdot$ , Eisenglanz  $\varphi \cdot$ , Quarz  $r$ , Zinkblende  $p \cdot$  (Proj.-Bilder). Jedes einigermaassen entwickelte Projectionsbild zeigt die Erscheinung.

**Zonenhöfe** mögen die von Punkten freien Streifen heissen, die wir zu beiden Seiten der Zonenlinie beobachten. Die Zusammensetzung des Projectionsbildes aus wenigen besetzten Linien ist als Wiederholung der Einzelzone mit ihren Höfen anzusehen.

**Ursache der Höfe. Freie Zone.** Als Ursache ist zunächst die Entwicklung der freien Zone anzusehen. Tragen wir die auf die Endknoten  $0 \dots 4$  reducirte Normalreihe  $N_4$  und  $N_5$  auf, so erhalten wir das auf Taf. V, Fig. 3 gegebene Bild.

Wir sehen bei 0 und 4 einen grossen Hof, einen kleineren bei  $\frac{1}{2}$ , noch kleinere bei  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$ . Dass der Hof, wenn er bei 0, 4 von  $N_4$  und  $N_5$  auftritt, auch bei  $\frac{1}{2}$ , dann  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$  entsprechend kleiner auftreten muss, ist klar. Denn  $N_5$  auf  $0 \dots 4$  als Endknoten bezogen, ist die Hälfte von  $N_6$  auf  $0 \dots \infty$  bezogen, und spalten wir  $N_5$  bei  $\frac{1}{2}$ , so bildet jede Hälfte eine Normalreihe  $N_4$ . Die durch die Entwicklung der freien Zone vorgezeichnete Weite der Höfe stimmt im Wesentlichen mit der beobachteten überein.

**Andere Erklärung der Höfe. Absorption.** Auch an folgende Erklärung ist zu denken. Eine starke Anziehungskraft ist im Stande, eine schwache zu sich abzulenken, in die eigene Richtung hineinzuziehen. Die in die Höfe fallenden Punkte haben hohe Ableitungszahlen. Sie sind daher schwach und könnten von den starken Nachbarn resorbirt werden. Der Eindruck beim Anschauen des Bildes ist der, als beherrsche jeder Punkt ein gewisses Gebiet und lasse in diesem (seiner Wirkungssphäre) keinen anderen aufkommen.

**Reduction der Kraftsphäre auf Einzelkräfte.** Abbildung der Kraftsphäre durch die Projectionsfläche. Bei der Reduction der Kraftsphäre auf die Einzelkräfte absorbirt jede ausgeschiedene Kraft einen Theil der umgebenden Sphäre. Unsere Projectionsebene, ebenso jede andere Projectionsfläche (Projectionskugel, Projectionssphäroid, Polarform) können wir

als eine Abbildung der Kraftsphäre ansehen, indem wir jeden Punkt derselben, also die ganze Fläche, stetig mit der entsprechenden Intensität belegt denken. Jeder ausgeschiedene Punkt absorbiert die Intensität seiner Richtung aus einem umgebenden Gebiet, seinem Wirkungsgebiet. Dasselbe ist begrenzt durch die Wirkungsgebiete der Nachbarn. Je intensiver die Kraft, desto grösser ist das Wirkungsgebiet, der Hof. Die Grösse des Hofes giebt danach einen Anhalt für die Intensität der Kraft, was der Beobachtung entspricht.

**Analoga.** Aehnlichkeit hat das Absorbieren der Substanz in gewissem Umkreise um den Ausscheidungspunkt eines Krystalles aus einer Lösung, beim Anlegen von Sublimaten an eine Glasplatte, bei der Entglasung. Aehnlichkeit hat ferner bei den Klangfiguren schwingender Platten das Absorbieren des aufgestreuten Staubes durch gewisse von der Art der Platten vorgezeichnete Linien und Knotenpunkte.

**Abschneiden von Zonen.** Wir beobachten vielfach, dass Zonenlinien in einem Gebiet stark entwickelt sind, die Punkte aber ausbleiben, sobald eine gewisse Zonenlinie einschneidet. Wir wollen das Abschneiden einer Zone durch eine andere nennen.

**Beispiele.** Calcit Taf. VI, Fig. 25. Die Zone  $\varphi \cdot p$  schneidet die von  $a$  ausgehenden Zonen ab.

**Quarz.** Die von  $r = 10$  nach  $F \cdot v \cdot w = 24, 34, 41$  strahlenden Zonen reichen über die Punkte 24, 34, 41 nicht hinaus. Die Zone  $ra$  schneidet sie alle ab (vergl. Proj.-Bilder).

Umgeschlossen mehrere abschneidende Zonen ein Gebiet, z. B. Calcit Taf. VI, Fig. 25 das Gebiet  $a \varphi \cdot p$ , so geht die Gesamtentwicklung nicht oder spärlich über dies Gebiet hinaus.

Als Ursache ist anzusehen, dass die Punkte der abschneidenden Zone Endknoten für die abgeschnittenen Stücke sind. So z. B. beim Quarz. Wir haben da kleine freie Zonen zwischen  $r$  und  $F$ ,  $r$  und  $v$ ,  $r$  und  $w$ . Das Wort Abschneiden ist vielleicht nicht correct, denn es ist oft nur ein Verstärktsein nach einer Seite, nämlich nach dem nächsten starken Knoten zu, doch dürfte es anschaulich sein.

**Satz.** Die abschneidende Zone ist älter als die abgeschnittene. Denn ein Punkt der abschneidenden Zone ist Endknoten für das abgeschnittene, von ihm aus gespannte, also jüngere Stück. Dieser Satz ist ein wichtiges Kriterium zur Bestimmung der Altersfolge der Zonen.

**Einseitige Wirkung eines Knotens** ist wohl jedesmal durch die Nähe oder Stärke eines Knotens auf dieser Seite und das Entfernt- oder Schwachsein eines solchen auf der anderen Seite hervorgebracht.

**Entwicklungssymbole. Aufstellung.** Wir fanden, dass die Entwicklung der Formen nach Zonen geschieht. Ausser den Primärknoten stellt sich jede Form in einen Ort ein, der, wenn wir den einen Knoten 0, den anderen  $\infty$  nennen und die Dominante 4 festlegen, durch eine Ableitungszahl bestimmt ist. Diesen Vorgang könnten wir als Unterlage zu einer Symbolisirung der Formen benutzen und danach Entwicklungs-Sym-

bole bilden. Eine solche Symbolisirung würde sich den genetischen Vorgängen anschliessen. Zur allgemeinen Formenbezeichnung eignet sie sich jedoch nicht aus folgenden Gründen:

1) Die Ableitung ist nicht für jede Form gesichert; oft sind mehrere Deutungen zulässig.

2) Der Schnitt mehrerer Zonen erhielte mehrere Symbole.

3) Bei verschiedenen Combinationen der gleichen Krystallart kann dieselbe Form das Product verschiedener Entwicklung sein.

4) Die Symbolzahlen sind nicht mehr Coordinaten des Projectionspunktes.

5) Die nöthige Einführung der wechselnden Endpunkte und Dominanten würde die Symbole complicirt machen.

Für manche Untersuchungen werden solche Entwicklungssymbole gute Dienste leisten. Bei der Wahl der Aufstellung ist auf die Entwicklung Rücksicht zu nehmen. Die Einfachheit in den Symbolen der Hauptprimärknoten und der Hauptzonen bringt Einfachheit der Symbole des ganzen Systems mit sich.

**Aufsuchen der wichtigen Knoten. Kriterien.** Wir haben gezeigt, wie man bei Kenntniss der Primärknoten die Formenentwicklung ableiten kann. Es fragt sich nun, wie man umgekehrt aus einem vorliegenden Formensystem die Primärknoten, zunächst überhaupt die wichtigen Knoten, findet. Wichtige Knoten sind durch Folgendes ausgezeichnet:

1) Sie treten häufig und stark entwickelt auf, geben den Krystallen den Habitus, sind schon von den ältesten Beobachtern beschrieben. (Im Index kenntlich durch Buchstaben und Symbole bei den alten Autoren.)

2) Spaltungsflächen, die wichtigeren Structurflächen, Gleitflächen, Lösungsflächen, Zwillings Ebenen sind stets wichtige Knoten.

3) Stark entwickelte Zonen gehen von ihnen aus.

4) Sie bestimmen die Punktvertheilung in den von ihnen ausgehenden Zonen.

5) Nimmt man sie zu Endknoten  $(0, \infty)$ , so werden die Zahlen der Zone einfach und normal. Auf die allerwichtigsten Knoten (Hauptknoten) als Zählungsanfang bezogen, wird die Gesammtheit der Symbole der Krystallart einfach.

6) Sie sind von einem Hof umgeben.

7) Die Punkte drängen sich gegen den stärkeren Knoten. Dem entsprechen mehr und höhere Zahlen zwischen der Dominante und dem stärkeren Knoten.

**Aufsuchen der Rangordnung der Knoten.** Ungleiche Stärke desselben Knotens für verschiedene Richtungen. Nach obigen Kriterien

können wir die wichtigen Knoten und Zonen finden und nach dem Rang ordnen. Die Spaltung der Reihen lässt die Knoten einer Zone nach der Intensität geordnet gewinnen. Durch Zusammenstellen mehrerer Zonen könnte man die Intensität der Knoten aus verschiedenen Zonen vergleichen. Man könnte schliessen: Weil in einer Zone  $p\cdot$  stärker als  $\varphi\cdot$ , in einer anderen  $\varphi\cdot$  stärker als  $\delta\cdot$ , so ist  $p\cdot$  stärker als  $\delta\cdot$ . Dieser Schluss ist mit Vorsicht zu machen, da derselbe Punkt nach verschiedenen Richtungen verschieden intensiv wirkt.

Beispiel. Calcit. In Zone  $p\cdot$   $\varphi\cdot$  ist  $\varphi\cdot$  stärker als  $p\cdot$ . Man möchte daraus schliessen, dass  $\varphi\cdot = -2$  ein stärkerer Knoten sei als  $p\cdot = 4$ . Für die Ueberlegenheit von  $\varphi\cdot$  spricht noch das Ausstrahlen von mehr Zonen von  $\varphi\cdot$  als von  $p\cdot$ , die Lösungsflächen<sup>1)</sup>, dagegen die Spaltung nach  $p\cdot$ , und, dass  $p\cdot p\cdot$  die stärkst entwickelte Zone des Systems ist. Das Ueberwiegen von  $\varphi\cdot$  in Zone  $\varphi\cdot p\cdot$  lässt sich so erklären, dass die Intensität von  $p\cdot$  in Zone  $p\cdot p\cdot$  stark absorbiert ist, ein Rest zum Zusammenwirken mit  $\varphi\cdot$  bleibt,  $\varphi\cdot$  dagegen seine Hauptwirkung in Zone  $\varphi\cdot p\cdot$  hat.

**Anmerkung. Projection auf mehrere Ebenen.** Im Projectionsbilde kann die Vertheilung um Prismen, sowie um weit aussen liegende Punkte nicht gut beurtheilt werden. Es ist daher für die Discussion nöthig, zwei, besser drei Projectionsbilder auf verschiedene Ebenen herzustellen (Projection auf die Polarform; perspectivische Projection) und die Schlüsse aus ihnen zu vereinigen.

**Hauptprimärknoten. Untergeordnete Primärknoten. Aufsuchen der Hauptknoten. Hülfe von anderer Seite.** Wo untergeordnete Primärknoten mit abgeleiteten Knoten zusammenfallen, kann man sie nicht leicht unterscheiden. Sind z. B. beim Calcit  $p\cdot a$  die Hauptprimärknoten, so ist  $\varphi\cdot$  abgeleitet. Es könnte aber zugleich primär sein. Manchmal ist ein Anhalt gegeben. Wir dürfen z. B. untergeordnete Primärknoten da voraussetzen, wo eine locale Entwicklung von einem oder mehreren Punkten keine Ableitung aus den Primärknoten erkennen lässt.

Es ist zu hoffen, dass wir schärfere Kriterien gewinnen werden, die die Erkennung der Primärknoten sichern; denn, bewährt sich die Hypothese, dass jeder Primärknoten den Ort eines Massencentrums in der Partikel anzeigt, so wäre die Auffindung aller Primärknoten von Wichtigkeit.

Von folgenden Seiten ist Hülfe zu erwarten:

1) Vermehrung und Ausbau der Kriterien durch Einzelstudien in diesem neuen Gebiet.

2) Vermehrung und Klärung der Beobachtungen von Formen.

3) Beobachtung und Discussion der Vicinaflächen, der influenzirten Formen und der krummen Flächen.

Feinere Unterschiede in der Intensität und Wirkungsweise treten erst bei höherer Differenzirung hervor, wo ein schwacher Einfluss dem nur wenig intensiveren Punkte den Vorzug giebt. Je mehr Formen einer Krystallart bekannt sind, und je besser deren kritische Auslese ist, desto mehr Mittel haben wir zur Beurtheilung der Knoten. Die

1) Vergl. Ebner, Wien. Sitz.-Ber. 1884, 89 (2), 369. Diese Zeitschr. 11, 472.



Vicinalflächen und die influenzirten Formen sind ein Feld für das Studium schwacher Beeinflussung der Entwicklung. Unter Umständen können sie Aufschluss geben, wo reiche Entfaltung typischer Formen fehlt.

4) Aetzfiguren. Spaltung. Zwillingsbildung. Structurflächen.

5) Optische, elektrische, thermische Eigenschaften.

6) Die Gesetze der Elementzahlen und Richtungen.

Von diesen ist bis jetzt wenig bekannt. Wir kommen auf sie zurück.

7) Kenntnisse von der Zahl und Anordnung der Moleküle in (Atome) der Partikel.

Bestätigt sich z. B. die Vermuthung, dass die Topaspartikel sechs Moleküle hat:  $5 Al_2Si_2O_{10}$  und  $4 Al_2Si_2F_{20}$ , so ist mit der Voraussetzung von sechs oder zwölf Primärknoten die Discussion anzugehen. So bei den Chloriten mit 5, bei den Turmalinen mit 27 oder mit Vielfachen dieser Zahlen.

8) Eine Theorie der Mechanik der Partikel.

### Beispiel der Discussion eines Formensystems. Idokras.

Wir wollen dies Beispiel im Einzelnen durchführen, theils um zu zeigen, wie sich das Gewonnene zu einer einheitlichen Discussion vereinigen lässt, theils um für weitere Betrachtungen geklärtes Material zu gewinnen.

**Formenverzeichniss.** Wir stellen die beobachteten Formen zusammen mit Angaben über Beschaffenheit und zwar in zwei Aufstellungen:

$$\begin{array}{l} \text{I} = \text{Zepharovich (Index). } p_0 = c = 0,5376 \\ \text{II} = \text{Lévy ..... } p_0 = c = 0,7603 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{I} \\ \text{II} \end{array}} \right\} pq \text{ (I)} = \frac{p+q}{2} \quad \frac{p-q}{2} \text{ (II)}.$$

Transformation:

In der Tabelle bezieht sich Zeph. auf Zepharovich Monographie 1864, die anderen Namen auf das Citat des Index.

Buchst.	Aufst. I	Aufst. II	Bemerkungen
<i>c</i>	0	0	häufig und wichtig.
<i>a</i>	$\infty 0$	$\infty$	häufig und wichtig.
<i>m</i>	$\infty$	$\infty 0$	häufig und wichtig.
$\varphi$	$\frac{5}{3} \infty$	$4 \infty$	Zeph. 45, 60, 64, zwei dicht geriefte, glanzlose Fl. Nach Strüver unsicher 1894, 97.
$\psi$	$\frac{7}{4} \infty$	$\frac{1}{3} \infty$	Zeph. 46, 418, eine dichtgeriefte Fl., approx.
<i>f</i>	$2 \infty$	$3 \infty$	häufig und wichtig.
<i>h</i>	$3 \infty$	$2 \infty$	häufig und wichtig.
$\nu$	$\frac{1}{2} 0$	$\frac{1}{4}$	Zeph. 44, äusserst schmal, gekrümmt, 65 approx. 4 Fl. v. Strüver für unsicher gehalten 1894, 96.
<i>A</i>	$\frac{2}{3} 0$	$\frac{1}{3}$	Jerem. Im Referat. Jahrb. ohne näh. Angabe.
<i>o</i>	40	$\frac{1}{2}$	häufig und wichtig.
<i>B</i>	$\frac{3}{2} 0$	$\frac{3}{4}$	4 Fl. Zeph. 44, äusserst schmal, gekrümmt, appr.
<i>u</i>	20	4	Zeph. 43, selten 42, 46, 90, 130. Tarass. Strüver 1877, 254.

Buchst.	Aufst. I	Aufst. II	Bemerkungen
$\pi$	30	$\frac{3}{2}$	Zeph. 44, 42 äusserst schmal, gekrümmt, 4 Fl.
$\alpha$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20} 0$	Zeph. 43, 63, zwei ebene, glatte, deutl. begrenzte Fl.
$\beta$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10} 0$	Zeph. 43, 62, 63, eine eb., deutl. begrenzte Fl.
$\chi$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} 0$	Kobell 1835. Zeph. 63, 4 Fl. vollk. spiegelnd.
$\gamma$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8} 0$	Zeph. 43, 60, 65 approx.
$\delta$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7} 0$	Zeph. 43, 73 appr. Lewis best.
$\varepsilon$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} 0$	Zeph. 43, 60, 79 appr.
$\zeta$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5} 0$	Zeph. 43, 62, 74 appr.
$\eta$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} 0$	Presl. Min. 1837. Zeph. 43, 68.
$\theta$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} 0$	häufig und wichtig.
$J$	$\frac{5}{13}$	$\frac{5}{13} 0$	Tarassow.
$i$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} 0$	Zeph. 43, 54, 64, 65 selten.
$\kappa$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5} 0$	Zeph. 43, 68 approx.
$\lambda$	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5} 0$	Zeph. 43, 88, 90, 4 Fl. äusserst schmal, appr.
$L$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8} 0$	Jerem. Im Refer. Jahrb. ohne nähere Angabe.
$p$	4	40	häufig und wichtig.
$\mu$	$\frac{8}{5}$	$\frac{8}{5} 0$	Zeph. 43, 88, 90, 4 Fl. äusserst schmal, appr.
$M$	$\frac{9}{5}$	$\frac{9}{5} 0$	Korn 372 einm. beob. ohne näh. Ang. nicht gesich. Diff. zw. Mess. u. Rechn. 37', 34'.
$b$	2	20	Zeph. 43, 54, 64. Selten.
$t$	3	30	häufig und wichtig.
$x$	$4 \frac{1}{3}$	$\frac{2}{3} \frac{1}{3}$	Zeph. 43 selten, 83 appr.
$\omega$	$4 \frac{3}{7}$	$\frac{5}{7} \frac{2}{7}$	Zeph. 45, 79, 82, 4 breite Fl. in zwei Zonen best.
$n$	$4 \frac{1}{2}$	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	Zeph. 45, 83, 127, 4 schmale Fl. in zwei Zonen best.
$P$	$4 \frac{1}{4}$	$\frac{11}{4} \frac{3}{4}$	Zeph. 44, 88, 90, 4 äuss. schmale Fl. appr. Schimmer.
$z$	24	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	häufig und wichtig.
$q$	$\frac{8}{3} 4$	$\frac{11}{6} \frac{5}{6}$	45, 63, 68 schmal, wenig glänz., approx.
$s$	34	24	häufig und wichtig.
$y$	44	$\frac{5}{2} \frac{3}{2}$	Zeph. 43, 54, 60, 64. Einmal beob. Hauy's, Haidinger's Angaben unsicher.
$v$	54	32	wichtig. Rose. Zeph. 42, 45, 46, 132. Strüver 1887, 198.
$w$	74	43	Zeph. 45, 46, 4 schmal. Schimm. Fl., appr.
$l$	$\frac{4}{3} \frac{2}{3}$	$4 \frac{1}{3}$	Hessenb. 1858. Zeph. 43, selten.
$i$	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$4 \frac{1}{2}$	häufig und wichtig.
$X$	$\frac{5}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{3}{2} 4$	Tarassow an vier Kryst.
$d$	42	34	häufig und wichtig.
$e$	53	44	Bücking, Strassb. Samml. 499. Sehr schmal, appr.
$r$	64	54	Bücking, sehr schmal, appr.

Buchst.	Aufst. I	Aufst. II	Bemerkungen
$\varrho$	$\frac{1}{3} \frac{1}{9}$	$\frac{2}{9} \frac{1}{9}$	Zeph. 45, 54, 64, zieml. breit, glatt, aber gekrümmt. 1 Fl. nach Strüver unsicher.
$\sigma$	$\frac{3}{5} \frac{1}{5}$	$\frac{2}{5} \frac{1}{5}$	Zeph. 44, 88, 90, 4 äuss. schmale Fl., appr.
$\tau$	$\frac{2}{3} \frac{2}{9}$	$\frac{4}{9} \frac{2}{9}$	Zeph. 45, 54, 64, 4 Fl. breit, matt, appr., nach Strüver unsicher 4894, 96.
$g$	$40 \frac{5}{2}$	$25 \frac{15}{4}$	Bücking 200, Fl. gross, aber uneb. u. gebrochen.
$F$	43.7	40.3	Bücking 200, 4 Fl. schmal, aber glänzend.

Weggelassen wurden folgende Formen:

$N = 4$  von Zepharovich S. 42 gestrichen.

$O = 5$  Dana, Syst. 4855. 4873 weggelassen. Hat keinen sicheren Beleg.

Böcker (diese Zeitschr. 4892, 20, 225) giebt

$$T = \frac{1}{6}0, S = \frac{2}{5}, V = \frac{5}{2}, W = \frac{1}{4}, G = \frac{1}{4}, D = \frac{1}{8}4, K = \frac{7}{2}4, E = \frac{1}{4}4.$$

Er betrachtet hiervon selbst nur  $E$  als sicher, doch dürfte dies vicinal sein, nämlich zu 34.

**Projectionsbild.** Wir tragen die Formen in ein gnomonisches und in ein perspectivisches Projectionsbild<sup>1)</sup>. Die Hauptformen sind darin durch einen grösseren Ring hervorgehoben (Taf. VI, Fig. 25).

**Wahl der Aufstellung. Entscheidung zwischen I und II.** Wir sehen im Bilde, dass Zone  $cm$  wichtiger ist, als  $ca$ , dass  $p$  ein stärkerer Knoten als  $o$  oder  $u$ . Das spricht für Aufstellung II, indem dem wichtigeren Knoten das einfachere Symbol 40 statt 4 zukommt. Dieser Vorzug zeigt sich auch in den Zahlen der anderen Hauptformen, nämlich:

	$c$	$a$	$m$	$f$	$h$	$o$	$u$	$\vartheta$	$\iota$	$p$	$b$	$t$	$x$	$z$	$s$	$v$	$i$	$d$				
Aufst. I:	0	$\infty$	0	$\infty$	2	$\infty$	3	$\infty$	40	20	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	4	2	3	$4\frac{1}{3}$	24	34	54	$\frac{3}{2}\frac{1}{2}$	42	
- II:	0	$\infty$	$\infty$	0	3	$\infty$	2	$\infty$	$\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{3}$	0	$\frac{1}{2}$	40	20	30	$\frac{2}{3}\frac{1}{3}$	$\frac{3}{2}\frac{1}{2}$	24	32	$4\frac{1}{2}$	34

Ausser den beiden Reihen gemeinsamen Zahlen haben wir

$$\text{in I: } \frac{1}{3} \quad 2 \quad 3 \quad 4\frac{1}{3} \quad 54 \quad 42$$

$$\text{in II: } \frac{1}{3}0 \quad \frac{1}{2}0 \quad 30 \quad 4\frac{1}{2} \quad \frac{2}{3}\frac{1}{3} \quad 32$$

Die Zahlen II sind einfacher als die Zahlen I. Ferner spricht für II, dass die einzige ausser  $ca$  und  $cm$  entwickelte Radialzone  $cih$  in II  $p \cdot 2p$  ist, in I  $p \cdot 3p$ . Wir geben daher der Aufstellung II vor I den Vorzug.

**Untersuchung der wichtigeren Zonen durch Spaltung.** Das Resultat ist das gleiche, ob wir hierzu die Symbole I oder II nehmen.

1. Zone  $c p m$ . Diese zerfällt in ein inneres Stück  $p c p$  und ein äusseres  $p m p$ .

Inneres Stück besteht aus zwei symmetrischen Hälften  $p c$  und  $c \bar{p}$ .

	$c$	$\alpha$	$\beta$	$\chi$	$\gamma$	$\delta$	$\varepsilon$	$\zeta$	$\eta$	$\vartheta$	$J$	$\iota$	$\kappa$	$\lambda$	$L$	$p$
	0	$\frac{1}{2}0$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$1\frac{5}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{1}$
Spaltung:	0	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	4	$\frac{3}{5}$	4	7	$\infty$
2V	0	$\frac{2}{19}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	4	$\frac{5}{4}$	2	3	8	44	$\infty$

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 4893, 22, 20.

In der letzten Reihe geben die Zahlen ein Bild von der Wichtigkeit und zugleich der Sicherheit der einzelnen Formen. Die wichtigsten sind:

$$0 \dots \frac{1}{4} \dots \frac{1}{3} \dots \frac{1}{2} \dots \frac{2}{3} \dots 1 \dots 2 \dots 3 \dots \infty$$

Sie bilden eine ziemlich normale Reihe  $N_3$ . Wir sehen darin, warum  $\vartheta$  häufiger ist als  $\epsilon$ , während man in der ursprünglichen Reihe  $0 \dots 1 \dots \epsilon = \frac{1}{2}$  für wichtiger als  $\vartheta = \frac{1}{3}$  ansehen möchte.

Als Formen geringer Wahrscheinlichkeit erkennen wir  $\alpha\beta\gamma\lambda L$ , dann  $\epsilon J$ . Statt  $\alpha = \frac{1}{20}$  wäre eher  $\frac{1}{10}$  zu setzen. Es führt auf  $\frac{1}{9}$  statt  $\frac{2}{9}$ . Auch stimmt der gemessene Winkel für  $\frac{1}{9}$  etwas besser:  $\frac{1}{20} : o = 20^\circ 40'$ ;  $\frac{1}{9} : o = 20^\circ 48'$ ; beob.:  $J : o = 20^\circ 45\frac{1}{2}'$  (Zeph.).

Warum aber muss  $2V$  gebildet, die Dominante von  $\epsilon$  nach  $\vartheta$  verlegt werden, um die Reihe normal zu machen? Als Ursache ist anzunehmen, dass nicht  $cp$  selbständig, sondern die Hälfte von  $pp$  ist, d. h. dass sich die Zone nicht zwischen  $cp$ , sondern zwischen  $pp$  als Endknoten spannt. Wir haben dann für die wichtigeren Formen:

$$\begin{array}{cccccccccccccccccccc} p & \kappa & \epsilon & \vartheta & \eta & \zeta & \delta & \chi & c & \chi & \delta & \zeta & \eta & \vartheta & \epsilon & \kappa & p \\ 4 & \frac{3}{8} & \frac{1}{2} & \cdot & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & \frac{1}{9} & 0 & \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \cdot & \frac{1}{2} & \frac{3}{8} & 4 \quad (A) \\ \frac{4-p}{4+p} & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \cdot & \frac{1}{2} & \frac{3}{5} & \frac{2}{3} & \frac{3}{4} & \frac{4}{5} & 1 & \frac{5}{4} & \frac{4}{3} & \frac{3}{2} & \frac{5}{3} & 2 & \cdot & 3 & 4 & \infty \quad (B) \end{array}$$

$$\text{Normalreihe } N_4 = 0 \frac{1}{4} \frac{1}{3} \frac{2}{5} \frac{1}{2} \frac{3}{5} \frac{2}{3} \frac{3}{4} \cdot 1 \cdot \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{5}{3} 2 \frac{5}{2} 3 4 \infty$$

Die Zahlenreihe (A) hat den Charakter der symmetrischen Reihe, angezeigt durch Herrschen von  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{1}{9} \dots$ ; (B) hat den Zahlencharakter der einfachen Reihe.

Statt Tarassow  $J = \frac{5}{13}$  wäre  $\frac{3}{7}$  (A) entsprechend  $\frac{2}{5}$  (B) zu erwarten.

**Aeusseres Stück.**

$$\begin{array}{ccccc} p & \mu & b & t & m \\ 4 & \frac{3}{5} & 2 & 3 & \infty \\ v-1 = 0 & \frac{3}{5} & 1 & 2 & \infty \end{array}$$

Die Reihe wäre normal, wenn wir statt  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{3}{2}$  hätten. Die approximative Messung von Zepharovich stimmt besser mit  $\frac{3}{5}$ . Ber.:  $\frac{3}{5} : 4 = 43^\circ 24'$ ;  $\frac{3}{2} : 4 = 44^\circ 5'$ . Beob.  $43^\circ 5'$ . Für  $\frac{3}{2}$  spricht das Projectionsbild.  $\frac{3}{2}$  gehört einem wichtigen Zonenverbande an,  $\frac{3}{5}$  dagegen ist ausser allem Verbande. Dürften wir  $\mu = \frac{3}{2}$  setzen, so hätten wir:

$$v-1 = 0 \frac{1}{2} 1 2 \infty = N_2.$$

$m$  erscheint neben  $p$  als selbständiger Knoten. Denn, betrachten wir  $p^1 m^1 p^3$  als symmetrisches Stück, d. h.  $m$  als Dominante zwischen  $pp$ , so haben wir:

$$\begin{array}{cccccccc} p & \mu & b & t & m & t & b & \mu & p \\ 4 & \frac{3}{5} & 2 & 3 & \infty & \frac{3}{5} & 2 & \frac{3}{5} & 4 \\ \text{Reciprok:} & 4 & \frac{3}{5} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{3}{5} & 4 \\ (4-v) : (4+v) = 0 & \frac{3}{13} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 3 & \frac{1}{3} & \infty \\ \text{für } \mu = \frac{3}{2} : 0 & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 3 & 5 & \infty \quad (A) \end{array}$$

Die Reihe ist nicht normal. Sie wird es erst durch Spaltung bei 4. Der Schluss ist unsicher, da mit Entfallen des unsicheren  $\mu$  die Reihe (A) normal wird. Er wurde gegeben, um die Art des Schliessens zu zeigen. Eine Bestätigung wäre es, wenn  $\mu = \frac{3}{2}$  statt  $\frac{3}{5}$  gesichert, eventuell eine Form  $\frac{4}{3}$  zwischen  $p$  und  $\mu$  gefunden würde, entsprechend  $\frac{1}{7}$  in (A).

## 2. Zone coa.

$$\begin{array}{cccccccc} c & \nu & A & o & B & u & \pi & a \\ p: & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{3}{4} & 1 & \frac{3}{2} & \infty \\ 2p: & 0 & \frac{1}{2} & \frac{2}{3} & 1 & \frac{3}{2} & 2 & 3 & \infty \text{ normal} = N_3 \end{array}$$



Den Vorzug als Dominante verdankt  $o$  dem Einschneiden der Zone  $p^1p^2$ . Dieser Umstand bewirkt, dass die Reihe nach der Multiplication mit 2 normal wird.

3. Prismenzone. Es fragt sich, ob  $a$  oder  $m$  der wichtigere Knoten sei. Für  $a$  als Endknoten haben wir die Zahlen:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} & a & h & f & \psi & \varphi & m & \varphi & \psi & f & h & a \\ \text{Aufst. II: } p:q = & 4 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{3}{11} & \frac{1}{4} & 0 & \frac{1}{4} & \frac{3}{11} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 \\ (1-v):(1+v) = & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \underbrace{\frac{4}{7} \frac{2}{3}}_{\frac{2}{3}} & 1 & \underbrace{\frac{5}{3} \frac{1}{4}}_{\frac{2}{3}} & 2 & 3 & \infty & (A) \end{array}$$

Die Reihe wäre normal =  $N_3$ , wenn die unsicheren Formen  $\psi \varphi$  die Stelle von  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{2}$  in (A) einnehmen. Für  $m$  als Endknoten haben wir:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} & m & \varphi & \psi & f & h & a & h & f & \psi & \varphi & m \\ \text{Aufst. II: } p:q = & 0 & \frac{1}{4} & \frac{3}{11} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 3 & \frac{1}{3} & 4 & \infty & (B) \end{array}$$

Die Reihe (A) verdient den Vorzug vor (B) einmal, weil die unsicheren Formen  $\varphi \psi$  die Lücke ausfüllen, in der  $\frac{2}{3}$  zu erwarten ist, dann weil  $f$ , das weit häufiger und wichtiger ist als  $h$ , in (A) die einfachere Zahl  $\frac{1}{2}$ , in (B)  $\frac{1}{3}$  erhält. Indem wir (A) den Vorzug geben, schliessen wir, dass die  $a$  Endknoten der Zone sind,  $m$  Dominante zwischen  $aa$ .

4. Zone  $p^1p^2a$ . Sie zerfällt in ein inneres Stück  $p^1o^1p^2$  und ein äusseres  $p^1a^2p^2$ . Inneres Stück  $p^1o^1p^2$ .

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} & p & P & n & \omega & x & o & x & \omega & n & P & p \\ \text{Aufst. I: } q = & 4 & \frac{4}{7} & \frac{1}{2} & \frac{3}{7} & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & \frac{3}{7} & \frac{1}{2} & \frac{4}{7} & 1 \\ (1-q):(1+q) = & 0 & \frac{3}{11} & \frac{1}{3} & \frac{2}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & \frac{5}{2} & 3 & \frac{11}{3} & \infty \end{array}$$

Für  $P$  ist mit grosser Wahrscheinlichkeit  $4\frac{3}{5}$  zu setzen. Es erfordert nämlich  $4\frac{4}{7}:4 = 10^0 44'$ ;  $4\frac{3}{5}:4 = 9^0 29'$ ; beob.:  $Pp = 10^0$  ca. Für eine Schimmerrmessung ist die Uebereinstimmung mit beiden Symbolen ziemlich gleichwerthig. Setzen wir aber für  $P$   $4\frac{3}{5}$ , so haben wir die Reihe:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} & p & P & n & \omega & x & o & x & \omega & n & P & p \\ (1-q):(1+q) = & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{2}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & \frac{5}{2} & 3 & 4 & \infty \\ \text{Spaltung: } & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{2}{3} & 1 & \infty, 0 & 1 & \frac{3}{2} & 2 & 3 & \infty \\ \text{Spaltung: } & 0 & \frac{1}{2} & 1 & 2 & \infty & & 0 & \frac{1}{2} & 1 & 2 & \infty \text{ normal} = N_2 \end{array}$$

Wir bemerken eine Störung bei  $x$ . Diese erklärt sich durch Einschneiden der wichtigen Zone  $cxsh$ . Die Endknoten sind  $pp$ . Die Formen  $P\omega$  gehören einer localen Entwicklung  $N_2$  zwischen  $p$  und dem durch das Einschneiden der Zone  $cxsh$  verstärkten  $x$  an.

Äusseres Stück.

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} & p & z & q & s & y & v & w & a & w & v & y & s & q & z & p \\ \text{Aufst. I: } p = & 4 & 2 & \frac{3}{5} & 3 & 4 & 5 & 7 & \infty & 7 & 5 & 4 & 3 & \frac{3}{5} & 2 & 1 \\ \text{Reciprok} = & 4 & \frac{1}{2} & \frac{3}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & 0 & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{5}{3} & \frac{1}{2} & 1 \\ (1-v):(1+v) = & 0 & \frac{1}{3} & \frac{5}{11} & \frac{1}{2} & \frac{2}{3} & \frac{3}{4} & 1 & \frac{4}{3} & \frac{3}{5} & \frac{2}{3} & 2 & \frac{11}{5} & 3 & \infty \\ \text{Wir vergleichen: } & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{2}{5} & \frac{1}{2} & \frac{3}{5} & \frac{3}{4} & 1 & \frac{4}{3} & \frac{3}{5} & \frac{2}{3} & 2 & \frac{5}{2} & 3 & 4 \infty = N_4 \end{array}$$

Die Reihe wäre vollkommen normal =  $N_4$ , wenn  $\frac{5}{4}$  zwischen  $p$  und  $z$  bekannt wäre und wenn wir  $q = 4\frac{7}{3}$  statt  $4\frac{3}{5}$  setzen dürften. Die Messung, die freilich Zepharovich ungenau nennt, stimmt gut zu  $4\frac{3}{5}$ . Ber.  $4\frac{3}{5}:4 = 26^0 47'$ ;  $4\frac{7}{3}:4 = 22^0 34'$ ; beob.:  $qp = 26^0 46'$ . Dürfen wir danach nicht ohne Bestätigung  $q = 4\frac{7}{3}$  setzen, so ist  $q = 4\frac{3}{5}$  jedenfalls als unsicher anzusehen.

5. Zone  $p^1 m^2$ . Sie zerfällt durch Störung bei  $u$  und  $s$  in drei Stücke.

Inneres Stück.

$$\begin{array}{cccccccc} & u & i & l & p & l & i & u \\ \text{Aufst. II: } q & = & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 \\ (1 - q) : (1 + q) & = & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 4 & 2 & 3 & \infty \end{array}$$

$p$  macht keine bemerkbare Störung, wohl deshalb, weil seine Intensität in den anderen Zonen grossentheils aufgebraucht ist. Wir fanden das Gleiche z. B. beim Calcit<sup>1)</sup> für  $p$  in Zone  $[-2 : -2] = \varphi \cdot \varphi$ .

Aeusseres Stück.

$$\begin{array}{cccccc} & s & d & e & r & m \\ \text{Aufst. II: } p & = & 2 & 3 & 4 & 5 & \infty \\ p - 2 & = & 0 & 1 & 2 & 3 & \infty \\ \frac{1}{2}v & = & 0 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{3}{2} & \infty \end{array}$$

Dürften wir bei  $r$  2 statt  $\frac{3}{2}$  setzen, d. h. 64 statt 54 (Aufst. II), so wäre die Reihe normal  $= N_2$ .  $r$  beruht auf einer approximativen Messung  $rm = 170\ 36'$ . Ber.  $54 : m = 180\ 17'$ ;  $64 : m = 150\ 24'$ . Die Beobachtung steht zwischen beiden, allerdings näher an 54.

Zwischenstück.

$$\begin{array}{cccc} & u & X & s \\ \text{Aufst. II: } p & = & 1 & \frac{3}{2} & 2 \\ p - 1 & = & 0 & \frac{1}{2} & 1 \\ \text{Spaltung: } & 0 & 1 & \infty & = N_1 \end{array}$$

Untergeordnete Zonen. Wir wollen zwei derselben betrachten.

6. Parallelzone  $\frac{3}{2}q$  (Aufst. II).

$$\begin{array}{cccccc} (? \mu) z & X & \pi & y & m \\ q & = & 0 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{3}{2} & \frac{5}{2} & \infty \\ q - \frac{1}{2} & = & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 1 & 2 & \infty = N_2 \end{array}$$

Wir finden normale Entwicklung  $= N_2$  zwischen  $zm$ ;  $\mu$ , das wahrscheinlich zur Zone gehört (s. oben), bildet ein Zwischenstück zwischen  $zz$ . Die Unsicherheit und Schwäche von  $\mu$  ist dadurch motivirt, dass die Wirkung von  $z$  nach aussen in Anspruch genommen ist. Die Zone ist interessant durch die sich an  $\mu$  knüpfende Frage.

7. Radialzone  $\frac{1}{2}$  (Aufst. II).

$$\begin{array}{cccccccc} c & q & \sigma & \tau & x & i & s & h \\ q & = & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{6} & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \infty \end{array}$$

Die Hauptformen der Zone bilden eine symmetrische Reihe zwischen  $ss$ .

$$\begin{array}{cccccccc} & s & i & x & \sigma & c & \sigma & x & i & s \\ q & = & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{6} & 0 & \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 \\ (1 - q) : (1 + q) & = & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{2}{3} & 1 & \frac{3}{2} & 2 & 3 & \infty = N_3 \end{array}$$

Die Formen  $q\tau$  gehören einer localen Entwicklung zwischen  $cx$  an:

$$\begin{array}{cccccc} c & q & \sigma & \tau & x \\ q & = & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{6} & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} \\ 3q & = & 0 & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} & \frac{2}{3} & 1 \\ \text{Spaltung: } & 0 & \frac{1}{2} & \frac{3}{2} & 2 & \infty \end{array}$$

Zu erwarten wäre  $0 \frac{1}{2} 1 2 \infty = N_2$ , also in Aufst. II:  $\frac{1}{3} \frac{1}{6}$  statt  $\frac{2}{3} \frac{1}{3}$ . Es ist aber  $\frac{2}{3} \frac{1}{3}$  durch die Hauptentwicklung zwischen  $ss$  motivirt, ebenso durch das Einschneiden wichtiger Zonen. Interessant ist diese kleine Zone durch den erkennbaren Widerstreit der Einflüsse. Beispiele für solchen Widerstreit finden wir bei allen Krystallarten, ja es

1) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 28, 29.

sind schwache Zonen selten ohne Störung durch mannigfache Einflüsse. Merkwürdig ist, dass  $x$  die gleiche locale Entwicklung, wie zwischen  $xc$ , auch zwischen  $xp$  bewirkt (vergl. S. 430). Möglicherweise ist  $x$  ein untergeordneter Primärknoten, der durch solche locale Entwicklungen seine Selbständigkeit bethätigt. Dies bedarf jedoch der Bestätigung.

**Auswahl der Hauptknoten (Idokras).** Als Hauptknoten erkennen wir auf Grund der Discussion durch Spaltung, sowie nach den Projectionsbildern die Punkte  $cpma$ . Sie treten besonders im perspectivischen Projectionsbild deutlich hervor durch das Ausstrahlen wichtiger Zonen, durch ihre Höfe, durch die charakteristische Vertheilung der Punkte zwischen zwei Hauptknoten. Bestätigt wird die Wichtigkeit von  $cpma$  durch die Grösse der Flächenausbildung und die Häufigkeit des Auftretens. In den 69 Figuren von Zepharovich's Monographie (64—67 nicht gerechnet) fehlen nur:

$c$  in Fig. 33, 34, 52, 62

$p$  in Fig. 32, 35, 36, 49, 52, 63

$m$  in Fig. 62

$a$  in keiner Figur.

Bei den 24 Varietäten von Lévy's Description (1838, 2, 92) fehlen  $p$  und  $m$  nur in je einer Varietät,  $c$  und  $a$  gar nicht.

**Auswahl der Hauptprimärknoten aus den Hauptknoten (Idokras).** Von  $cpma$  hat  $c$  als Hauptprimärknoten die geringste Wahrscheinlichkeit; denn von den Zonen aus  $c$  ist nur  $cpm$  stark, und diese hat, wie oben gezeigt, als Endknoten nicht  $c$ , sondern  $pm$ . Es bleiben  $pma$ . Von diesen genügen  $ma$  nicht, da sie nur eine Zone bilden. In dieser Zone (Prismen) ist, wie oben gezeigt,  $a$  Endknoten,  $m$  Dominante. Somit reducirt sich die Frage darauf, ob die gesammte Formenentwicklung des Idokras sich von  $pa$  ableitet oder von  $p$  allein.

Für  $a$  neben  $p$  spricht, dass  $a$  bei keinem der abgebildeten Krystalle fehlt. Ferner spricht dafür die tetragonale (nicht reguläre) Symmetrie. Wir kommen zu dem Schlusse, dass als die Hauptprimärknoten des Idokras  $pa$  anzusehen sind.

Das Argument der Symmetrie bedarf besonderer Begründung. Dazu müssen wir etwas weiter ausholen. Wir gehen zurück zu den S. 444 betrachteten Beziehungen zwischen den Primärkräften und dem Bau der Partikel. Die Discussion des Idokras hat uns Material geliefert, um die dortigen Betrachtungen etwas weiter zu führen.

**Aufbau der Partikel.** Darstellung durch perspectivische Projection. Wir stellten die Hypothese auf (S. 444), dass die Richtungen der Primärkräfte die Geraden aus dem Massencentrum (Schwerpunkt) der Partikel nach den Centren ihrer discreten Massen (Moleküle, Atome) sind. Diese

Richtungen sind identisch mit den Strahlen aus dem Mittelpunkte der Polarform nach den Primärknoten. Tragen wir die Primärknoten auf die Polarform oder in deren perspectivisches Bild, oder heben wir sie unter den übrigen Punkten des Projectionsbildes hervor, so haben wir eine Darstellung für die Lage der Moleküle in der Partikel nach Zahl und Richtung in Bezug auf den Mittelpunkt der Partikel.

Anm. Wir wollen allgemein von Molekülen in der Partikel sprechen, indem wir die Möglichkeit offen halten, dass die Partikel nur aus einem Molekül besteht, und dass an Stelle der Atomgruppen (Moleküle) einzelne Atome sitzen. In letzterem Falle zeigen die Primärkräfte den Sitz der Atome im Molekül an.

Die relative Intensität lässt sich für die einzelnen Knoten aus den Krystallelementen  $p_0 q_0 \lambda \mu \nu$  ableiten. Diese Zahlen können wir den Knotenpunkten anschreiben. Welche Moleküle die Träger der einzelnen Intensitäten sind, wissen wir zunächst nicht. (Um zu zeigen, welche in Frage kommen, genügt nicht die Kenntniss der chemischen Zusammensetzung, d. h. des Aufbaues des Moleküls aus Atomen, es muss vielmehr der Aufbau der Partikel aus Molekülen bekannt sein <sup>1)</sup>.) Wir dürfen aber annehmen, dass gleichen Molekülen bei symmetrischer Lage gleiche Intensität zukommt. Umgekehrt dürfen wir voraussetzen, dass gleichwerthigen Knoten gleiche Moleküle zugehören. Wieweit andere vertretende Moleküle, besonders isomorphe, eine Modification bewirken, ist Sache besonderer Untersuchung.

Solange wir von der Centraldistanz der Moleküle (ihrem Abstand vom Schwerpunkte der Partikel) nichts wissen, ausser dass wir gleichwerthigen gleiche Centraldistanz zuschreiben, legen wir die Molekülpunkte in die Projectionsebene resp., bei Projection auf die Polarform, auf deren Oberfläche, lassen sie mit den Knotenpunkten zusammenfallen. Ein Punkt kann darnach mehrere Moleküle vertreten, die auf demselben Radius in verschiedener Entfernung vom Mittelpunkt sitzen. Ein Molekül im Schwerpunkt der Partikel kommt auf der Oberfläche der Polarform nicht zur Darstellung; in das perspectivische Bild kann es eingetragen werden. Die Intensität der Punkte kann durch verschiedene Grösse, ihre qualitative Verschiedenheit durch verschiedene Farbe oder Form der Punkte angedeutet werden.

Eine Darstellung im Raum können wir mittelst der Korkmodelle in Gestalt der Polarform <sup>2)</sup> durch Einspiessen von Nadeln mit verschiebbaren, verschieden dicken und verschieden geformten, auch verschieden farbigen Korkstückchen gewinnen. Wir können auch wohl den Nadeln die Länge der Intensität der in ihrer Richtung wirkenden Kraft geben.

1) Dieser Aufbau wurde in dieser Zeitschr. 1890, **17**, 30 als metachemisch bezeichnet. Dort wurde auch versucht, für eine Gruppe von Krystallarten (Silicate) etwas über die Zusammensetzung der Partikel zu gewinnen.

2) Vergl. Kryst. Demonstr. m. H. v. Korkmodellen. Berlin 1887.



**Aufbau des Moleküls aus Atomen. Stereochemie.** Unter der Voraussetzung, dass der Aufbau des Moleküls aus Atomen dem der Partikel aus Molekülen ähnlich sei, dass unter Umständen die Partikel aus einem Molekül besteht, und in diesem Falle der Ort der Primärknoten den der Atome oder Atomgruppen im Molekül bezeichnet, liesse sich die Darstellung durch perspectivische Projection, wenn nöthig mit Verschiebung der Punkte auf den Radien, in die Stereochemie einführen. Sie wird die Uebersicht der räumlichen Anordnung und Verknüpfung erleichtern. Wahrscheinlich lassen sich manche krystallographisch gewonnene Erfahrungen und Sätze durch Analogie übertragen. Umgekehrt können die stereochemischen Resultate durch Uebertragung Aufschluss über das materielle Substrat der Primärknoten geben.

**Haupt- und Nebenwirkungen.** Unter den Molekülen (Atomen, Gruppen) können besonders kräftige bevorzugt sein, so dass sie allein die Hauptprimärknoten bestimmen, während andere Atome oder Gruppen untergeordnete Primärknoten liefern, die Wirkung der Hauptknoten, auch wohl deren Position modificiren.

**Hauptwirkungen.** Wir schliessen weiter: Die Vertheilung der Hauptprimärknoten ist durch die Zahl und Anordnung der Hauptmoleküle in der Partikel gegeben. Die Intensität hängt ab von der Stärke der die Plätze einnehmenden.

**Nebenwirkungen sind zweierlei:**

1) Nebenmoleküle liefern untergeordnete Primärknoten (Nebenknoten) oder sie modificiren Richtung und Stärke der Hauptknoten.

2) Jedes Molekül hat nach seinem chemischen Aufbau bestimmte äussere Kräfte, analog den äusseren Partikelkräften. Deren Ungleichheit nach verschiedenen Richtungen bewirkt eine bestimmte Orientirung des Moleküls an seinem Orte innerhalb der Partikel. Die ungleiche von der Richtung abhängige Wirkung auf die Nachbarn bewirkt Abweichungen von der normalen Position des Moleküls und seines Knotenpunktes und spricht sich auch in der ungleichen Wirkung des Knotens nach verschiedenen Richtungen aus.

Diese Ungleichheit beeinflusst, zusammen mit der Wirkung der Nebenmoleküle, die Zonenentwicklung. Beide Einflüsse bringen eventuell Abweichungen von der vollen, durch den Ort der Hauptmoleküle vorgezeichneten Symmetrie hervor, der sich dann die Vertheilung der Formen nur nähert. Wir erhalten Meroëdrien sowie pseudohexagonale, pseudoreguläre ..., allgemein pseudosymmetrische Krystalle.

Es ist eine Aufgabe, im concreten Falle die Nebenwirkungen zu erkennen und zu unterscheiden, für ihre Erkennung Kriterien zu finden.

Wir fassen zusammen: Die Grundzüge der Formenentwicklung sind

durch Zahl und Ort der Hauptmoleküle bestimmt; die feineren Eigenthümlichkeiten der Entwicklung durch die Nebenmoleküle, sowie durch die chemische Natur der die Plätze einnehmenden Moleküle.

**Anlage.** Die Anordnung der die Formenentwicklung bestimmenden Moleküle in der Partikel mit den zugehörigen Kräften und Hauptprimärknoten wollen wir als Anlage bezeichnen.

**Isoëdrie. Isoëdrische Partikel. Isoëdrische Krystalle.** Partikel von gleicher Anlage wollen wir als isoëdrisch bezeichnen von *ἴσος* gleich und *ἔδρα* Sitz. Das Wort soll anzeigen, dass der Sitz der Moleküle in der Partikel der gleiche ist, damit zugleich der Sitz der Primärkräfte und der Primärknoten (Hauptflächen). Chemisch verschiedene Moleküle können sich in der Partikel zur gleichen Anlage ordnen. Z. B. Calcit, Rothgiltigerz. Durch die Anlage ist die Symmetrie noch nicht bestimmt, also auch nicht das Krystallsystem.

**Isoëdrische Moleküle. Isoëdrische Atome.** Uebertragen wir den Begriff auf das Molekül, so können wir definiren: Isoëdrische Moleküle sind solche von gleicher Anlage, d. h. von gleicher Anordnung der Atome oder Atomgruppen innerhalb des Moleküls, gleichgültig, was für Atome oder Atomgruppen die Stellen einnehmen.

Vielleicht liesse sich auch von isoëdrischen Atomen reden, in dem Sinn, dass wir solche aus Theilchen niederer Ordnung in gleicher Anlage aufgebaut denken. In der Aehnlichkeit des Aufbaues wäre der Grund für die Uebereinstimmung in gewissen Eigenschaften zu suchen. So könnten wir uns vorstellen, Kalium, Natrium, Lithium seien isoëdrisch unter sich, vielleicht auch mit Ammonium ( $NH_4$ ), dagegen nicht mit Baryum, Strontium, Calcium.

**Isomorphie. Isomorphe Partikel. Isomorphe Moleküle.** Auf Grund obiger Anschauungen gewinnen wir eine neue Definition für Isomorphie. Isomorphe Partikel sind isoëdrische mit isoëdrischen Molekülen. In dem Sinne, dass an Stelle einiger oder aller Moleküle der einen Partikel in der anderen isoëdrische sitzen, ohne Aenderung der Anlage. Damit bleiben die Primärknoten und zugleich die Formenentwicklung wesentlich die gleichen.

Isomorphe Moleküle wären, falls sich der Begriff der Isoëdrie auf die Atome übertragen lässt, isoëdrische mit isoëdrischen Atomen.

Isomorphie erscheint danach als ein specieller Fall der Isoëdrie. Besteht die Partikel nur aus einem Molekül, so fallen die Begriffe isoëdrisches Molekül und isoëdrische Partikel zusammen.

**Isoëdrische Vertretung** sei der Ersatz von Molekülen in der Partikel (von Atomen im Molekül) durch ähnliche oder unähnliche ohne Aenderung der Anlage.

**Isoëdrische Verwachsung.** Da bei gleicher Anlage die Richtung der Primärkräfte, die Theilchen an Theilchen anordnen, ähnlich ist, so können sich isoëdrische Theilchen orientirt aneinander legen, eventuell im Krystallbau ohne wesentliche Störung des Gefüges einander ersetzen. Solche Verwachsung wollen wir isoëdrische nennen. Ein specieller Fall, der wichtigste, ist die isomorphe Verwachsung.

Die **Anlage in der Ebene** ist bestimmt durch die Zahl und Anordnung der Moleküle in dieser Ebene innerhalb der Partikel. Uns interessirt besonders die Anlage in Ebenen durch den Mittelpunkt der Partikel (Zonenebenen), da diese Anlage die Stärke und Richtung der Primärkräfte bestimmt. Es handelt sich dabei in der Regel wohl nur um drei, vier oder sechs Moleküle. Wir unterscheiden freie und beeinflusste Anlage in der Ebene.

**Freie Anlage in der Ebene** sei die, welche die Moleküle vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung in der Ebene annehmen. Für drei, vier, sechs gleiche Moleküle ist es eine Anlage im regulären Dreieck, Viereck, Sechseck (Taf. V, Fig. 4—6).

Sie erzeugt drei, vier, sechs gleiche Primärknoten unter Winkeln von  $120^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ . Wir nennen das **trigonale**, **tetragonale**, **hexagonale Anlage**. Für ungleiche Moleküle nähert sich eventuell die freie Anlage diesem Verhältnisse. Wir erhalten die Primärkräfte nahezu gleich, die Winkel genähert  $120^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ . Die Anlage ist geblieben, aber die Symmetrie ist pseudotrigonal, pseudotetragonal, pseudohexagonal geworden.

Wir finden freie Anlage da, wo die Moleküle der Ebene von solchen ausserhalb der Ebene alle in gleicher Weise beeinflusst werden. Dass sie gar nicht beeinflusst werden, dürfte nicht vorkommen. Es würde voraussetzen, dass alle Moleküle einer Partikel in einer Ebene liegen, was wir schwerlich anzunehmen haben.

**Beeinflusste Anlage in der Ebene** sei eine solche, bei der sich die Moleküle der Ebene durch den Einfluss aussenstehender aus der freien Anlage verschoben haben.

**Beispiel 1. Hexaëdrische Anlage.** Die Moleküle (Fig. 7, Taf. V) 2, 3, 4, 5 haben freie Anlage in der Ebene; sie werden von den ausserhalb liegenden 1, 6 alle gleichmässig beeinflusst. Sie liefern vier gleiche Primärkräfte unter  $90^\circ$ .

Solche Anlage charakterisirt z. B. die Hauptsymmetrieebene im tetragonalen Systeme. Sind die Moleküle 2, 3, 4, 5 ungleich, so nähern sich die Entfernungen der Gleichheit, die Winkel  $90^\circ$ .

**Beispiel 2. Oktaëdrische Anlage.** Die vier gleichen Moleküle 2, 3, 6, 7 (Fig. 8 Taf. V) bilden eine Ebene durch den Mittelpunkt  $M$  (Primärzonen-Ebene). Sie richten sich aber nicht frei ein, d. h. in ein Quadrat, vielmehr werden 2, 7 durch 1, 8, ebenso 3, 6 durch 4, 5 auseinander geschoben. Sind alle acht Moleküle gleich, so verhalten sich die Abstände 2, 3 : 3, 6 wie  $1 : \sqrt{2}$ ;  $\angle 2M3 = 70^\circ 32'$  (Fig. 9, Taf. V). Sind die Punkte nicht alle

gleich, aber nicht so verschieden, dass eine Aenderung der Anlage einträte, so nähern sich in einer solchen Ebene die Verhältnisse den obigen.

Wir begegnen solchen Molekularebenen häufig in allen Systemen. Sie sind charakterisirt durch den Abstand zweier Hauptprimärknoten um ca.  $74^{\circ}$ .

Beispiel. Reguläres Oktaëder	$p^1 p^2 = 4 : 4 = 70^{\circ} 32'$
Kupferkies	$p^1 p^3 = 4 : 4 = 70^{\circ} 20'$
Cerussit	$p^1 p^3 = 4 : 4 = 71^{\circ} 32'$
-	$k^1 k^2 = 04 : 04 = 71^{\circ} 44'$
Olivin	$e^1 e^3 = 4 : 4 = 71^{\circ} 30'$
Phosgenit	$x^1 x^2 = 4 : 4 = 72^{\circ} 45'$
Calcit	$p^1 p^2 = 4 : 4 = 74^{\circ} 55'$
Idokras	$p^1 p^3 = 4 : 4 = 74^{\circ} 29'$
Topas	$o^1 o^4 = 4 : 4 = 74^{\circ} 53' \text{ u. s. w.}$

Andere Arten der Beeinflussung bringen andere Winkel mit sich. Dies Beispiel möge genügen, um den Begriff der beeinflussten Anlage in der Ebene zu illustriren. Wir werden an anderem Orte bei Discussion der Elemente näher darauf eingehen.

Die Anlage im Raum hängt ab von der Zahl und von der Anordnung der Hauptmoleküle. Wir wollen diese zunächst als gleich ansehen und uns ihre Lage durch Aufsetzen der Punkte auf die Polarform (räumliche, perspectivische Projection) vorstellen. Die wichtigsten Arten der Anlage sind folgende fünf:

**Tetraëdrische, hexaëdrische, oktaëdrische, hexagonale Anlage.** Die kleinste Zahl der Primärknoten ist 4. Sie liefert eine tetraëdrische Anlage (Taf. V, Fig. 40), 6 gleiche Knoten geben hexaëdrische (Fig. 41), 8 oktaëdrische (Fig. 42), 12 dodekaëdrische Anlage (Fig. 43). Wichtig ist ausserdem die hexagonale Anlage (Fig. 44) mit 9 Molekülen und 8 Primärknoten.

**Verschiedene Symmetrie bei gleicher Anlage.** Werden einzelne oder alle Moleküle in der Partikel durch andersartige ersetzt, so verschieben sich die Moleküle gegen einander in verschiedener Weise je nach der Art der eintretenden. Dabei kann die Symmetrie sich ändern. Bis zu einer gewissen Grenze der Verschiebung wird die Anlage dieselbe bleiben. Wird diese Grenze überschritten, so tritt eine Umlagerung ein.

**Beispiel. Dodekaëdrische Anlage. Reguläre Symmetrie** (Fig. 43, Taf. V). Die 12 Kugeln auf der Polarform (Würfel) stellen 12 gleiche Moleküle einer Partikel vor. Sie stellen zugleich die Primärknoten und die Primärkräfte vor. Wirken diese flächenbildend, so erzeugen sie ein reguläres Dodekaëder. Durch Ableitung aus den Primärknoten nach den Gesetzen der Formenentwicklung entsteht ein reguläres Formensystem. Beispiel: Granat (?) (vergl. S. 447, sowie Fig. 22, Taf. V, Fig. 27, Taf. VII).

**Aenderung 1. Dodekaëdrische Anlage. Rhombische Symmetrie.** Von den 12 Molekülen seien die beiden 6, 8 durch gleiche aber von den anderen 10 verschiedene (b) ersetzt (Fig. 45, Taf. V). Dadurch entsteht ein Verschieben zunächst in Ebene 5, 6, 7, 8, dann auch in den anderen Ebenen.



Nach hergestelltem Gleichgewicht bleibt die Anlage dodekaëdrisch, die Symmetrie rhombisch. Beisp. Topas (?) (vgl. S. 448, sowie Fig. 22, Taf. VII).

**Aenderung 2. Dodekaëdrische Anlage. Tetragonale Symmetrie.** 5, 6, 7, 8 seien durch *b*-Moleküle ersetzt (Fig. 16, Taf. V). Sie verschieben sich gegen einander, bewahren aber tetragonale Symmetrie. Dieselbe Symmetrie bewahren 1, 2, 3, 4 und 9, 10, 11, 12, denn sie werden von 5, 6, 7, 8 gleichmässig beeinflusst.

Die Partikel hat tetragonale Symmetrie bei dodekaëdrischer Anlage. Die Primärkräfte, vom Mittelpunkt der Partikel durch die 12 Moleküle gehend, liefern als Ausgang der Formenentwicklung (Primärform) die Combination der domatischen Pyramide 10 (101) mit dem Prisma  $\infty$  (110).

Beisp. Idokras (?) (vergl. S. 439, sowie Fig. 20, Taf. V, Fig. 25, Taf. VI).

**Aenderung 3. Dodekaëdrische Anlage. Rhomboëdrische Symmetrie.** 1, 2, 6, 8, 9, 10 seien durch *b*-Moleküle ersetzt (Fig. 17, Taf. V). 1, 2, 6 verschieben sich gegen einander unter Wahrung trigonaler Symmetrie, ebenso 8, 9, 10; 3, 4, 5, 11, 12, 7 bewahren ihre hexagonale Symmetrie, da sie von den anderen gleichmässig beeinflusst werden. Die Partikel nimmt rhomboëdrische Symmetrie an, die dodekaëdrische Anlage aber ist geblieben.

Die Primärkräfte liefern die Combination des Rhomboëders  $+4$  (100) mit dem Prisma  $\infty$  (10 $\bar{1}$ ).

Beisp. Calcit (?) (vergl. S. 444, sowie Fig. 21, Taf. V, Fig. 26, Taf. VI).

**Aenderung 4. Dodekaëdrische Anlage. Monokline Symmetrie.** 1, 2, 9, 10 (Fig. 18, Taf. V) seien durch *b*-Moleküle ersetzt, 6, 8 durch eine dritte Art *c*. 1, 2, 6 verschieben sich gegen einander, ebenso 8, 9, 10. 3, 4, 5, 11, 12, 7 werden nun durch die anderen ungleich beeinflusst. Die Anlage in ihrer Ebene ist keine freie mehr. Trotzdem die 6 Moleküle gleich sind, weichen ihre Abstände von der Gleichheit, die Winkel von 60° ab.

Wir erhalten für die Partikel monokline Symmetrie unter Annäherung an die rhomboëdrische bei dodekaëdrischer Anlage. Die Primärknoten erhalten folgende monokline Symbole:

Nr. 6, 8,	werden zu	0(004)
- 1, 2, 9, 10	- -	$-4(\bar{1}11)$
- 3, 4, 11, 12	- -	$\infty(110)$
- 5, 7	- -	$0\infty(010)$

Beisp. Amphibol (?), Realgar (?).

**Aenderung 5. Dodekaëdrische Anlage. Triklone Symmetrie.** 1, 9 (Fig. 19, Taf. V) seien durch *b*-Moleküle ersetzt, 2, 10 durch *c*, 6, 8 durch eine dritte Art *d*; 3, 4, 5, 11, 12, 7 seien dieselben geblieben. So erhalten wir triklone Symmetrie bei dodekaëdrischer Anlage. Als Primärform die Combination:

$$0 \cdot \bar{1} \cdot \bar{1}1 \cdot \infty \cdot \infty \cdot 0\infty = (004) (\bar{1}\bar{1}1) (\bar{1}11) (110) (1\bar{1}0) (010).$$

Beisp. Triklone Amphibole (?).

Anmerkung. In den Beispielen Granat, Idokras, Calcit, Realgar, Amphibol entspricht die Vertheilung der Primärknoten der hier gegebenen Anlage und Symmetrie. Ob der Aufbau der Partikel entsprechend ist, bedarf des Beweises. Deshalb wurden die Beispiele mit (?) versehen. Sie wurden zugefügt, um der Anschauung und Weiteruntersuchung bestimmte Richtung zu geben.

**Aenderung der Anlage durch Einschieben von Theilchen in Zwischenlage.** Die Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, wie sich durch Ersetzen von Theilchen durch andere, unter Beibehaltung der Anlage, Symmetrie und Elemente ändern. Weitere Aenderungen können entstehen durch Einschieben von Theilchen und Bildung von Primärknoten in Zwischenlagen. Ist deren Einfluss schwach, so bleibt die Anlage deutlich erhalten; ist er stark, so kann die Anlage bis zur Unkenntlichkeit verändert werden.

**Aenderung der Anlage durch Ueberschreiten der Gleichgewichtsgrenze.** Treten an Stelle vorhandener stark verschiedene Theilchen ein, so kann es vorkommen, dass der Gleichgewichtszustand in der Partikel unhaltbar wird, und eine Umlagerung zu neuer Anlage stattfindet. Beispiel.  $\text{CaCO}_3$  bildet den rhomboëdrischen Calcit. Die Anlage bleibt bestehen beim Ersatz des  $\text{Ca}$  durch  $\text{Mg}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mn}$ . Tritt aber  $\text{Pb}$ ,  $\text{Ba}$  oder  $\text{Sr}$  ein, so wird der Gleichgewichtszustand für dieselben äusseren Bedingungen unhaltbar. Es bildet sich eine neue Anlage, die des Cerussit, Witherit, Strontianit, dieselbe, die auch  $\text{CaCO}_3$  als Aragonit unter Umständen annimmt. Eine solche Umlagerung durch Ueberschreitung der Gleichgewichtsgrenze kann auch durch Aenderung der äusseren Verhältnisse, der Temperatur, des Drucks stattfinden. Es ist dabei möglich, aber nicht nothwendig, dass die Zahl der Moleküle in der Partikel sich ändert durch Spalten oder durch Verschmelzen mit den Nachbarn.

**Mögliche und häufige Anlagen.** Die Zahl der möglichen Anlagen lässt sich zunächst nicht begrenzen, dagegen ist nur eine geringe Anzahl häufig, nämlich die hexaëdrische, oktaëdrische, dodekaëdrische, hexagonale.

**Anlage und Raumgitter.** Zwischen der Anlage der Partikel und dem Raumgitter der aus den Partikeln gebauten Krystalle besteht eine enge Beziehung. Sie soll an anderer Stelle Gegenstand der Betrachtung sein.

**Beispiel 4. Idokras. Dodekaëdrische Anlage.** Wir kehren zu unserem Beispiel zurück. Wir fanden (S. 432) als Primärknoten acht Punkte  $p$  und vier Punkte  $a$ . Fig. 20, Taf. V, sowie Fig. 25, Taf. VI zeigen ihre Vertheilung in perspectivischer Projection. Die  $p$  und  $a$  gehen zusammen eine dodekaëdrische Anlage. In der That erhalten in der Aufstellung II (S. 426), die, wie gezeigt, den Vorzug verdient, die  $p$  das Symbol  $04 \cdot 40$ , die  $a \infty$ , genau wie das reguläre Dodekaëder  $d = 04 \cdot 40 \cdot \infty$ .

**Nachweis, dass  $a$  neben  $b$  Primärknoten** (Fig. 16 u. 20, Taf. V). Wir haben noch zu zeigen, wie für  $a$  als Primärknoten neben  $p$  die Winkelverhältnisse sprechen. Wir sehen, der gleichen Wirkung wegen, die  $p$  unter sich als gleichwerthig an und legen ihnen gleiche Moleküle unter. Die acht gleichen  $p$  aber würden für sich oktaëdrische Anlage und reguläre Symmetrie hervorbringen, d. h.  $p_0:q_0 = 1$ ;  $\angle p^1p^3 = 109^\circ 28'$  statt  $74^\circ 36'$ . Das Zwischenschieben der  $a$  bewirkt, dass die vier oberen  $p$ -Moleküle von den vier unteren und zugleich vom Mittelpunkt  $M$  abrücken. Dadurch wird ihr Winkelabstand  $p^1Mp^3$  kleiner, wenn auch ihr Längenabstand  $p^1p^3$  der gleiche bleiben sollte.

**Schluss auf die relative Intensität der Moleküle.** Wären nun die  $a = p$ , so entstände regulär dodekaëdrische Anordnung d. h.  $\angle p^1p^3 = 90^\circ$ . Da dies nicht der Fall ist, so haben wir den  $a$  eine andere Stärke als den  $p$  beizumessen. Wir schliessen, dass den  $a$  eine andere Zahl oder andere Art von Molekülen unterliegt, als den  $p$ .

Der Winkel  $p^1p^3$  ist eine Function der relativen Intensität von  $a$  und  $p$ . Das Gesetz der Abhängigkeit ist derzeit unbekannt. Ist es gefunden, so wird sich aus dem Winkel  $p^1p^3$ , allgemein aus der Vertheilung der Primärknoten und den krystallographischen Elementen die relative Intensität der Massencentren in der Partikel berechnen lassen.

**Idokras. Perspectivisches Punktbild. Perspectivisches Zonenbild.** Fig. 25, Taf. VI zeigt das perspectivische Punktbild des Idokras projicirt auf die Combination  $cm$  als Grundform, dem Würfel entsprechend. Fig. 20, Taf. V zeigt das perspectivische Zonenbild. In ihm sind die Punkte der Hauptzonen zu Linien zusammengefloßen.

Anmerkung. Die Zonenbilder sind für die vorliegende Discussion, besonders auch zum Vergleiche der Formensysteme verschiedener Krystallarten, übersichtlicher als die Punktbilder. Einige Zonenbilder (Calcit, Rothgiltigerz, Eisenglanz, Quarz), allerdings nicht perspectivische, wurden in den Krystallographischen Projectionenbildern des Verfs. (Berlin, Springer 1887) Taf. 49 publicirt<sup>1)</sup>.

**Idokras. Entwicklung des Formensystems aus den Primärknoten.** Wir haben gesehen, wie man aus dem Formensystem einer Krystallart die Primärknoten findet und haben das Aufsuchen am Beispiel des Idokras durchgeführt. Nun wollen wir umgekehrt (deductiv) aus den bekannten Primärknoten das Formensystem des Idokras entwickeln.

Zwischen den Primärknoten  $p$  und  $a$  (Fig. 20, Taf. V, Fig. 25, Taf. VI) spannen sich die primären Zonen (S. 449)  $pcm$ ,  $pmp$ ,  $pop$ ,  $psa$ ,  $ama$  mit den Primärdominanten  $cmos$ . Von diesen sind  $m$  und  $c$  stärker als  $o$  und  $s$  wegen des Schnittes zweier Primärzonen und zweier Secundärzonen in  $c$  und  $m$ . Dann folgen die secundären Zonen, d. h. die Zonen zwischen Primärknoten und Primärdominanten  $pasm$ ,  $auoc$ ,  $p\vartheta o$ ,  $psf$ .

1) Vergl. diese Zeitschr. 1896, 26, 7.

Von diesen sind *p* *u* *s* *m* und *a* *u* *o* *c* formenreich wegen ihrer wichtigen Punkte, nämlich dem Primärknoten *p* resp. *a*, den Primärdominanten *m* *s* resp. *c* *o* und dem durch den Schnitt von drei Secundärzonen verstärkten Punkt *u*. Die Zonen *p* *o* und *p* *s* *f* sind dagegen schwach.

Hiermit haben wir bereits alle wichtigen Zonen des Idokras erschöpft. Einige schwache Tertiärzonen und Nebenzonen completiren das Bild.

Innerhalb der Zonen erfolgt die Vertheilung der Flächen nach dem Gesetz der Complication. Es bilden sich von Knoten zu Knoten Normalreihen, modificirt durch die ungleiche Stärke der Endknoten und durch das gegenseitige Einschneiden der Zonen. Wir haben dies oben (S. 426) für die einzelnen Zonen durch Spaltung untersucht.

**Beispiel 2. Calcit. Entwicklung des Formensystems.** Als Unterlage der Discussion mögen die Formenreihen des Index und der Winkeltabellen<sup>1)</sup> dienen; ausserdem die gnomonischen Projectionen, die in den krystallogr. Projectionsbildern des Verf.<sup>2)</sup> Taf. 3, 4, 7, 19 gegeben sind. Eine bessere Uebersicht für den vorliegenden Zweck gewährt das perspectivische Projectionsbild (Punkt und Zonenbild) (Fig. 21, Taf. V, Fig. 26, Taf. VI).

Es fragte sich, auf welche Form als Polarform die Projection zu machen sei. Zunächst war an die Polarform von  $p = +1(100)$  zu denken. Das Bild wurde ausgeführt<sup>3)</sup>, ausserdem ein Bild der Projection auf die Polarform von  $\varphi = -2(11\bar{1})$ . Die Discussion der beiden Bilder zeigte aber, dass nicht *p*, sondern  $\varphi$  dem regulären Würfel entspricht, und dass in diesem Sinne  $\varphi$  als Grundform anzusehen ist. Dem entsprechend zeigte die Projection auf die Polarform von  $\varphi$  am besten die Beziehungen der Formen unter sich, wie zu denen anderer Systeme. Es wurde deshalb das letztere Bild hier wiedergegeben. Wir wollen es  $\varphi$  Bild nennen. Die zur Projection auf die Polarform von *p* gehörigen dreizähligen (Miller'schen) und zweizähligen (Projections-) Symbole mögen *p*-Symbole heissen, die zur Projection polar  $\varphi$  gehörigen  $\varphi$ -Symbole.

**p-Symbole.** Die Miller'schen *p*-Symbole sind die üblichen *hkl* des Calcit. Das Symbol der perspectivischen Projection einer Form *hkl* ist:

$$\frac{h}{l} \frac{k}{l} \text{ mit } \frac{k}{l} \frac{h}{l},$$

wenn *hkl* so geordnet sind, dass  $l > h, k$  mit Berücksichtigung des Vorzeichens.

1) Berlin, Springer 1897.

2) Berlin, Springer 1887.

3) Auf die Ausführung solcher Bilder und die dabei nöthigen Aenderungen in Symbolisirung und Aufstellung hier näher einzugehen, würde zu weit führen. Ich verweise auf die Publicationen in dieser Zeitschr. 1894, 19, 35 flgde. und 1893, 22, 20 flgde. (speciell S. 26).



Da bei rhomboëdrischen Gebilden der Symmetrie nach  $\frac{k}{l} \frac{h}{l}$  stets neben  $\frac{h}{l} \frac{k}{l}$ , d. h.  $pq$  stets neben  $qp$  auftritt, so brauchen wir nur eins von beiden in das Verzeichniss zu stellen. Hierdurch bekommt jede Gesamtform wieder nur ein Symbol.

$\varphi$ -Symbole. Das Miller'sche  $\varphi$ -Symbol erhalten wir aus  $hkl(p)$  durch die Transformation:

$$hkl(p) \div k + l; l + h; h + k(\varphi)$$

$$\text{Beispiel: } 51\bar{3}(p) \div 4 + \bar{3}; \bar{3} + 5; 5 + 4 = \bar{2}26 = \bar{1}13(\varphi)$$

Das perspectivische Bild leitet sich aus dem Miller'schen ab, wie oben.

Umkehrung:  $hkl(\varphi) \div s - 2h; s - 2k; s - 2l(p)$ , wobei  $s = h + k + l$ .

$$\text{Beispiel: } \bar{1}13(\varphi) \div 3 - \bar{2}; 3 - \bar{2}; 3 - 6(p) = 51\bar{3}(p).$$

Formenverzeichniss des Calcit. Die folgende Tabelle giebt die Calcitformen nach dem Verzeichniss des Index mit einigen Ergänzungen durch später gefundene Formen mit den  $p$ - und  $\varphi$ -Symbolen. Aus ihnen wurde das perspectivische Projectionsbild polar  $p$ - und polar  $\varphi$ - hergestellt.

Nr.	Buchst.	$G_2'$	$p$ -Symbol		$\varphi$ -Symbol	
			Mill.	persp.	Mill.	persp.
1.	$o$	0	111	1	111	1
2.	$a$	$\infty 0$	101	—10	101	—10
3.	$b$	$\infty$	211	— $\frac{1}{2}$	112	— $\frac{1}{2}$
4.	$\psi$	$\frac{4}{3}\infty$	734	— $\frac{4}{3}3$	734	$\frac{4}{3}3$
5.	$\zeta$	$\frac{5}{2}\infty$	725	— $\frac{5}{2}2$	527	— $\frac{5}{2}2$
6.	$\vartheta$	$\frac{4}{3}\infty$	514	— $\frac{4}{3}5$	415	— $\frac{4}{3}5$
7.	$\pi$	10	210	0 $\frac{1}{2}$	423	$\frac{1}{3}3$
8.	$\kappa$	$\frac{7}{4}$	11.4.3	$\frac{7}{11} \frac{4}{11}$	4.8.15	$\frac{1}{15} \frac{8}{5}$
9.	$\lambda$	20	311	$\frac{1}{3} \frac{1}{3}$	012	0 $\frac{1}{2}$
10.	$\alpha$	40	513	$\frac{1}{5} \frac{5}{5}$	113	$\frac{1}{3} \frac{1}{3}$
11.	$\omega$	$\frac{1}{3}0$	19.3.13	$\frac{1}{19} \frac{3}{19}$	5.3.14	$\frac{5}{14} \frac{3}{14}$
12.	$\xi$	60	715	$\frac{1}{7} \frac{7}{7}$	214	$\frac{1}{2} \frac{1}{4}$
13.	$\beta$	70	816	$\frac{1}{8} \frac{8}{8}$	529	$\frac{5}{9} \frac{2}{9}$
14.	$\gamma$	80	917	$\frac{1}{9} \frac{9}{9}$	315	$\frac{3}{5} \frac{1}{5}$
15.	$\delta$	90	10.1.8	$\frac{1}{10} \frac{1}{10}$	7.2.11	$\frac{7}{11} \frac{2}{11}$
16.	$\epsilon$	12.0	13.1.11	$\frac{1}{13} \frac{1}{13}$	517	$\frac{5}{7} \frac{1}{7}$
17.	$z$	+28.28	19.9.9	— $\frac{9}{19}$	955	— $\frac{5}{9}$
18.	$u$	+19.19	13.6.6	— $\frac{6}{13}$	72.7.7	— $\frac{7}{12}$
19.	$t$	+16.16	11.5.5	— $\frac{5}{11}$	533	— $\frac{5}{3}$
20.	$s$	+13.13	944	— $\frac{4}{9}$	855	— $\frac{5}{8}$
21.	$r$	+10.10	733	— $\frac{3}{7}$	522	— $\frac{2}{5}$
22.	$q$	+7	522	— $\frac{2}{5}$	433	— $\frac{3}{4}$

Nr.	Buchst.	$G_2'$	$p$ -Symbol		$\varphi$ -Symbol	
			Mill.	persp.	Mill.	persp.
23.	$y$	+6	43.5.5	— $\frac{5}{13}$	544	— $\frac{4}{5}$
24.	$o$	+ $\frac{1}{2}$	833	— $\frac{3}{8}$	655	— $\frac{5}{6}$
25.	$n$	+5	4.4.11	— $\frac{4}{11}$	877	— $\frac{7}{8}$
26.	$m$	+4	113	— $\frac{3}{11}$	111	$\frac{1}{11}$
27.	$l$	+3	227	— $\frac{2}{7}$	155	$\frac{5}{11}$
28.	$k$	+ $\frac{5}{2}$	114	— $\frac{1}{4}$	233	$\frac{3}{11}$
29.	$p$	+1	100	0	011	01
30.	$h$	+ $\frac{2}{3}$	711	$\frac{1}{3}$	144	$\frac{1}{4} \frac{1}{4}$
31.	$g$	+ $\frac{4}{7}$	511	$\frac{1}{5}$	133	$\frac{1}{3} \frac{1}{3}$
32.	$f$	+ $\frac{1}{2}$	411	$\frac{1}{4}$	255	$\frac{2}{5} \frac{1}{5}$
33.	$e$	+ $\frac{2}{5}$	311	$\frac{1}{3}$	122	$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$
34.	$d$	+ $\frac{1}{4}$	211	$\frac{1}{2}$	233	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$
35.	$\alpha$	— $\frac{1}{5}$	221	$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$	334	$\frac{3}{4} \frac{1}{4}$
36.	$\beta$	— $\frac{7}{20}$	992	$\frac{9}{20} \frac{1}{20}$	11.11.18	$\frac{1}{18} \frac{11}{18}$
37.	$\gamma$	— $\frac{2}{5}$	771	$\frac{1}{7} \frac{1}{7}$	447	$\frac{4}{7} \frac{1}{7}$
38.	$\delta$	— $\frac{1}{2}$	110	01	112	$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$
39.	$\epsilon$	— $\frac{3}{5}$	881	$\frac{8}{10} \frac{1}{10}$	7.7.16	$\frac{7}{16} \frac{7}{16}$
40.	$\zeta$	— $\frac{2}{3}$	551	$\frac{5}{10} \frac{1}{10}$	225	$\frac{2}{5} \frac{2}{5}$
41.	$\eta$	— $\frac{4}{5}$	331	$\frac{3}{10} \frac{1}{10}$	113	$\frac{1}{3} \frac{1}{3}$
42.	$\vartheta$	— $\frac{7}{10}$	552	$\frac{5}{10} \frac{2}{10}$	3.3.10	$\frac{3}{10} \frac{3}{10}$
43.	$\kappa$	—1	221	$\frac{2}{2} \frac{1}{2}$	114	$\frac{1}{4} \frac{1}{4}$

Nr.	Buchst.	$G_2'$	$p$ -Symbol		$\varphi$ -Symbol	
			Mill.	persp.	Mill.	persp.
44.	$\lambda$ .	$-\frac{8}{3}$	553	$\frac{8}{3}4$	445	$\frac{1}{3}$
45.	$\mu$ .	$-\frac{8}{3}$	44.11.7	$4\frac{7}{11}$	2.2.11	$\frac{2}{11}$
46.	$\nu$ .	$-\frac{4}{3}$	332	$4\frac{2}{3}$	446	$\frac{1}{3}$
47.	$\xi$ .	$-\frac{4}{3}$	775	$4\frac{2}{3}$	447	$\frac{1}{3}$
48.	$\pi$ .	$-\frac{7}{3}$	443	$4\frac{2}{3}$	448	$\frac{1}{3}$
49.	$\varrho$ .	$-\frac{3}{2}$	554	$4\frac{2}{3}$	4.4.10	$\frac{1}{10}$
50.	$\sigma$ .	$-\frac{1}{2}$	665	$4\frac{2}{3}$	4.4.12	$\frac{1}{12}$
51.	$\tau$ .	$-\frac{1}{3}$	776	$4\frac{2}{3}$	4.4.14	$\frac{1}{14}$
52.	$A$ .	$-\frac{3}{2}$	44.44.73	$4\frac{7}{14}$	4.4.28	$\frac{1}{28}$
53.	$\varphi$ .	-2	447	$4\frac{1}{2}$	400	0
54.	$\chi$ .	$-\frac{3}{2}$	43.13.74	$-\frac{1}{2}$	$7.7.26$	$-\frac{1}{26}$
55.	$\psi$ .	$-\frac{5}{2}$	778	$-\frac{7}{2}$	$7.7.14$	$-\frac{1}{14}$
56.	$\omega$ .	$-\frac{1}{4}$	556	$-\frac{5}{8}$	$7.7.10$	$-\frac{1}{10}$
57.	$\Gamma$ .	-3	445	$-\frac{4}{3}$	448	$-\frac{1}{3}$
58.	$L$ .	$-\frac{7}{2}$	334	$-\frac{3}{2}$	446	$-\frac{1}{6}$
59.	$\Theta$ .	-4	557	$-\frac{5}{2}$	445	$-\frac{1}{2}$
60.	$A$ .	$-\frac{3}{2}$	44.44.76	$-\frac{1}{6}$	$5.5.22$	$-\frac{1}{22}$
61.	$E$ .	-5	223	$-\frac{2}{3}$	774	$-\frac{1}{4}$
62.	$II$ .	-8	335	$-\frac{3}{2}$	443	$-\frac{1}{3}$
63.	$B$ .	-9	40.10.77	$-\frac{1}{7}$	$7.7.20$	$-\frac{7}{20}$
64.	$\Sigma$ .	-11.11	447	$-\frac{4}{7}$	338	$-\frac{3}{8}$
65.	$\Phi$ .	-14.44	559	$-\frac{5}{8}$	225	$-\frac{2}{5}$
66.	$\Psi$ .	-17.17	6.6.77	$-\frac{6}{17}$	$5.5.12$	$-\frac{1}{12}$
67.	$z$ .	$+4\frac{1}{3}$	320	$0\frac{2}{3}$	235	$\frac{2}{3}$
68.	$u$ .	$+4\frac{2}{3}$	850	$\frac{5}{3}$	5.8.13	$\frac{13}{15}$
69.	$y$ .	$+4\frac{1}{3}$	530	$0\frac{2}{3}$	358	$\frac{3}{8}$
70.	$x$ .	$+4\frac{1}{3}$	730	$0\frac{2}{3}$	3.7.10	$\frac{7}{10}$
71.	$v$ .	$+4\frac{1}{3}$	44.4.0	$0\frac{4}{11}$	4.4.15	$\frac{15}{11}$
72.	$t$ .	$+4\frac{1}{3}$	340	$0\frac{1}{3}$	434	$\frac{1}{4}$
73.	$g$ .	$+4\frac{1}{3}$	720	$0\frac{2}{3}$	279	$\frac{2}{9}$
74.	$w$ .	$+4\frac{2}{3}$	440	$0\frac{1}{2}$	445	$\frac{1}{2}$
75.	$f$ .	$+4\frac{5}{11}$	920	$0\frac{2}{11}$	2.9.11	$\frac{9}{11}$
76.	$e$ .	$+4\frac{1}{2}$	540	$0\frac{1}{2}$	456	$\frac{1}{6}$
77.	$q$ .	$+4\frac{1}{4}$	640	$0\frac{1}{4}$	467	$\frac{1}{7}$
78.	$a$ .	$+4\frac{3}{13}$	13.2.0	$0\frac{2}{13}$	2.13.15	$\frac{15}{13}$
79.	$c$ .	$+4\frac{5}{8}$	740	$0\frac{1}{4}$	478	$\frac{1}{8}$
80.	$b$ .	$+4\frac{2}{3}$	840	$0\frac{1}{3}$	489	$\frac{1}{9}$
81.	$a$ .	$+4\frac{7}{10}$	940	$0\frac{1}{5}$	4.9.10	$\frac{9}{10}$
82.	$\beta$ .	$+4\frac{8}{11}$	10.1.0	$0\frac{1}{10}$	4.10.11	$\frac{10}{11}$
83.	$d$ .	$+4\frac{1}{5}$	44.1.0	$0\frac{1}{4}$	4.14.15	$\frac{15}{14}$
84.	$A$ .	$+4\frac{13}{10}$	11.0.1	$-\frac{1}{10}$	7.10.11	$\frac{10}{11}$
85.	$B$ .	$+4\frac{1}{5}$	17.0.2	$-\frac{2}{17}$	2.15.17	$\frac{15}{17}$

Nr.	Buchst.	$G_2'$	$p$ -Symbol		$\varphi$ -Symbol	
			Mill.	persp.	Mill.	persp.
86.	$C$ .	$+4\frac{3}{2}$	707	$-0\frac{1}{2}$	767	$\frac{6}{7}$
87.	$\gamma$ .	$+4\frac{5}{6}$	49.0.3	$-0\frac{3}{10}$	3.16.19	$\frac{16}{19}$
88.	$D$ .	$+4\frac{2}{3}$	607	$-\frac{1}{3}$	756	$\frac{5}{6}$
89.	$E$ .	$+4\frac{1}{4}$	507	$-\frac{1}{4}$	745	$\frac{4}{5}$
90.	$F$ .	$+4\frac{1}{2}$	407	$-\frac{1}{2}$	734	$\frac{3}{4}$
91.	$\delta$ .	$+4\frac{9}{4}$	49.0.5	$-\frac{5}{10}$	5.14.19	$\frac{14}{19}$
92.	$G$ .	$+4\frac{1}{5}$	702	$-\frac{2}{5}$	257	$\frac{5}{7}$
93.	$H$ .	$+4\frac{1}{2}$	307	$-\frac{1}{2}$	723	$\frac{2}{3}$
94.	$J$ .	$+4\frac{1}{3}$	502	$-\frac{2}{3}$	235	$\frac{3}{5}$
95.	$K$ .	$+4\frac{1}{4}$	207	$-\frac{1}{4}$	712	$\frac{1}{2}$
96.	$L$ .	$+4\frac{3}{5}$	47.0.9	$-\frac{9}{10}$	5.8.17	$\frac{8}{17}$
97.	$\varepsilon$ .	$+4\frac{1}{4}$	905	$-\frac{5}{4}$	549	$\frac{4}{9}$
98.	$M$ .	$+4\frac{1}{5}$	704	$-\frac{4}{5}$	737	$\frac{7}{8}$
99.	$N$ .	$+4\frac{1}{2}$	503	$-\frac{3}{2}$	325	$\frac{2}{5}$
100.	$O$ .	$+4\frac{1}{6}$	805	$-\frac{5}{6}$	538	$\frac{3}{8}$
101.	$P$ .	$+4\frac{1}{7}$	302	$-\frac{2}{7}$	243	$\frac{3}{7}$
102.	$Q$ .	$+4\frac{1}{2}$	49.0.13	$-\frac{13}{10}$	7.8.19	$\frac{6}{19}$
103.	$R$ .	$+4\frac{1}{8}$	10.0.7	$-\frac{7}{10}$	7.3.10	$\frac{3}{10}$
104.	$\zeta$ .	$+4\frac{1}{2}$	705	$-\frac{5}{2}$	527	$\frac{2}{7}$
105.	$S$ .	$+4\frac{1}{3}$	41.0.8	$-\frac{8}{10}$	8.3.11	$\frac{3}{11}$
106.	$\eta$ .	$+4\frac{9}{2}$	23.0.77	$-\frac{77}{10}$	7.7.23	$\frac{6}{23}$
107.	$T$ .	$+4\frac{1}{10}$	403	$-\frac{3}{10}$	344	$\frac{1}{4}$
108.	$\theta$ .	$+4\frac{2}{3}$	907	$-\frac{7}{3}$	729	$\frac{9}{8}$
109.	$U$ .	$+4\frac{1}{3}$	504	$-\frac{4}{3}$	745	$\frac{1}{3}$
110.	$V$ .	$+4\frac{1}{6}$	605	$-\frac{5}{6}$	546	$\frac{1}{6}$
111.	$W$ .	$+4\frac{3}{2}$	43.0.77	$-\frac{77}{10}$	7.7.23	$\frac{6}{23}$
112.	$X$ .	$+4\frac{1}{9}$	706	$-\frac{8}{9}$	647	$\frac{7}{9}$
113.	$\iota$ .	$+4\frac{7}{10}$	47.0.75	$-\frac{75}{10}$	7.5.217	$\frac{21}{17}$
114.	$Y$ .	$+4\frac{1}{25}$	908	$-\frac{8}{25}$	849	$\frac{1}{5}$
115.	$\alpha$ .	$-2\frac{5}{8}$	547	$\frac{1}{8}$	023	$0\frac{2}{3}$
116.	$\beta$ .	$-2\frac{1}{4}$	447	$\frac{1}{4}$	035	$0\frac{3}{5}$
117.	$\gamma$ .	$-2\frac{1}{5}$	522	$\frac{2}{5}$	037	$0\frac{3}{7}$
118.	$\delta$ .	$-2\frac{2}{7}$	733	$\frac{3}{7}$	025	$0\frac{2}{5}$
119.	$\epsilon$ .	$-2\frac{1}{2}$	247	$\frac{1}{2}$	043	$0\frac{1}{3}$
120.	$\zeta$ .	$-2\frac{3}{5}$	955	$\frac{5}{5}$	027	$0\frac{2}{7}$
121.	$\eta$ .	$-2\frac{4}{5}$	533	$\frac{3}{5}$	044	$0\frac{1}{4}$
122.	$\theta$ .	-21	322	$\frac{2}{3}$	045	$0\frac{1}{5}$
123.	$\iota$ .	$-2\frac{5}{7}$	755	$\frac{5}{7}$	046	$0\frac{1}{6}$
124.	$\kappa$ .	$-2\frac{6}{7}$	433	$\frac{3}{7}$	047	$0\frac{1}{7}$
125.	$\lambda$ .	$-2\frac{7}{5}$	544	$\frac{4}{5}$	049	$0\frac{1}{9}$
126.	$\mu$ .	$-2\frac{8}{3}$	988	$\frac{8}{3}$	0.1.17	$0\frac{1}{17}$

Nr.	Buchst.	$G_2'$	$p$ -Symbol		$\varphi$ -Symbol	
			Mill.	persp.	Mill.	persp.
127.	n	-27 $\frac{1}{2}$	323	$\frac{2}{3}\overline{1}; \frac{2}{3}\overline{1}$	705	-10
128.	o	-24	535	$\frac{2}{3}\overline{1}; \frac{2}{3}\overline{1}$	704	-10
129.	p	-25	242	$\frac{1}{2}\overline{1}; \frac{1}{2}\overline{1}$	703	-10
130.	q	-28	343	$\frac{1}{3}\overline{1}; \frac{1}{3}\overline{1}$	702	-10
131.	r	-2.11	447	$\frac{1}{4}\overline{1}; \frac{1}{4}\overline{1}$	305	-10
132.	u	+4 $\frac{3}{2}$	756	$\frac{5}{6}\overline{1}; \frac{5}{6}\overline{1}$	7.1.12	$\frac{1}{12}\overline{1}; \frac{1}{12}\overline{1}$
133.	v	+4 $\frac{7}{6}$	645	$\frac{5}{6}\overline{1}; \frac{5}{6}\overline{1}$	7.1.10	$\frac{1}{10}\overline{1}; \frac{1}{10}\overline{1}$
134.	w	+4 $\frac{5}{3}$	11.7.9	$\frac{1}{11}\overline{1}; \frac{1}{11}\overline{1}$	749	$\frac{1}{9}\overline{1}; \frac{1}{9}\overline{1}$
135.	x	+4 $\frac{5}{2}$	534	$\frac{5}{6}\overline{1}; \frac{5}{6}\overline{1}$	748	$\frac{1}{8}\overline{1}; \frac{1}{8}\overline{1}$
136.	y	+4 $\frac{7}{4}$	957	$\frac{7}{8}\overline{1}; \frac{7}{8}\overline{1}$	747	$\frac{1}{7}\overline{1}; \frac{1}{7}\overline{1}$
137.	z	+4 $\frac{1}{4}$	423	$\frac{3}{4}\overline{1}; \frac{3}{4}\overline{1}$	746	$\frac{1}{6}\overline{1}; \frac{1}{6}\overline{1}$
138.	aa	+4 $\frac{5}{2}$	785	$\frac{5}{6}\overline{1}; \frac{5}{6}\overline{1}$	745	$\frac{1}{8}\overline{1}; \frac{1}{8}\overline{1}$
139.	ab	+4 $\frac{1}{2}$	342	$\frac{3}{4}\overline{1}; \frac{3}{4}\overline{1}$	744	$\frac{1}{4}\overline{1}; \frac{1}{4}\overline{1}$
140.	ac	+4 $\frac{1}{4}$	13.1.7	$\frac{7}{13}\overline{1}; \frac{1}{13}\overline{1}$	337	$\frac{3}{7}\overline{1}; \frac{3}{7}\overline{1}$
141.	ad	+4 $\frac{1}{2}$	13.4.5	$\frac{5}{13}\overline{1}; \frac{4}{13}\overline{1}$	989	$\frac{1}{9}\overline{1}; \frac{1}{9}\overline{1}$
142.	ae	+45	10.3.4	$\frac{4}{10}\overline{1}; \frac{3}{10}\overline{1}$	767	$\frac{1}{7}\overline{1}; \frac{1}{7}\overline{1}$
143.	af	+4 $\frac{2}{3}$	17.5.7	$\frac{7}{17}\overline{1}; \frac{5}{17}\overline{1}$	656	$\frac{1}{6}\overline{1}; \frac{1}{6}\overline{1}$
144.	ag	+4 $\frac{1}{3}$	31.9.13	$\frac{13}{31}\overline{1}; \frac{9}{31}\overline{1}$	11.9.11	$\frac{1}{11}\overline{1}; \frac{1}{11}\overline{1}$
145.	ah	+4 $\frac{1}{2}$	723	$\frac{3}{4}\overline{1}; \frac{3}{4}\overline{1}$	545	$\frac{1}{5}\overline{1}; \frac{1}{5}\overline{1}$
146.	ai	+4 $\frac{1}{2}$	25.7.11	$\frac{11}{25}\overline{1}; \frac{7}{25}\overline{1}$	979	$\frac{1}{9}\overline{1}; \frac{1}{9}\overline{1}$
147.	aj	+46	11.3.5	$\frac{5}{11}\overline{1}; \frac{3}{11}\overline{1}$	434	$\frac{1}{4}\overline{1}; \frac{1}{4}\overline{1}$
148.	ak	+47	472	-1 $\frac{1}{4}$	323	$\frac{1}{3}\overline{1}; \frac{1}{3}\overline{1}$
149.	al	+4.10	573	-3 $\frac{1}{5}$	242	$\frac{1}{2}\overline{1}; \frac{1}{2}\overline{1}$
150.	am	+4.16	745	-5 $\frac{1}{4}$	343	$\frac{1}{3}\overline{1}; \frac{1}{3}\overline{1}$
151.	an	-5 $\frac{1}{2}$	837	$\frac{7}{8}\overline{1}; \frac{3}{8}\overline{1}$	4.1.11	$\frac{1}{11}\overline{1}; \frac{1}{11}\overline{1}$
152.	ao	-8 $\frac{1}{5}$	24.3.11	-11 $\frac{1}{4}$	759	$\frac{7}{9}\overline{1}; \frac{5}{9}\overline{1}$
153.	ap	-82	945	$\frac{5}{6}\overline{1}; \frac{5}{6}\overline{1}$	324	$\frac{3}{4}\overline{1}; \frac{1}{4}\overline{1}$
154.	aq	-8 $\frac{5}{6}$	15.7.9	-3 $\frac{1}{5}$	537	$\frac{5}{7}\overline{1}; \frac{3}{7}\overline{1}$
155.	ar	-8 $\frac{2}{3}$	42.3.11	$\frac{11}{42}\overline{1}; \frac{3}{42}\overline{1}$	8.1.15	$\frac{1}{15}\overline{1}; \frac{1}{15}\overline{1}$
156.	as	-84	9.5.11	-1 $\frac{5}{11}$	347	-3 $\frac{1}{4}$
157.	at	-85	324	-3 $\frac{1}{2}$	245	-2 $\frac{1}{5}$
158.	au	-8.11	436	-2 $\frac{3}{2}$	527	-3 $\frac{2}{7}$
159.	av	+7 $\frac{7}{8}$	17.10.13	-1 $\frac{5}{8}$	8.7.27	-2 $\frac{7}{27}$
160.	aw	-1 $\frac{1}{8}$	945	$\frac{5}{6}\overline{1}; \frac{5}{6}\overline{1}$	7.4.13	$\frac{1}{13}\overline{1}; \frac{4}{13}\overline{1}$
161.	ax	-1 $\frac{1}{4}$	523	$\frac{3}{8}\overline{1}; \frac{3}{8}\overline{1}$	727	$\frac{2}{7}\overline{1}; \frac{1}{7}\overline{1}$
162.	ay	-3 $\frac{5}{8}$	443	$\frac{3}{4}\overline{1}; \frac{3}{4}\overline{1}$	245	$\frac{5}{5}\overline{1}; \frac{1}{5}\overline{1}$
163.	az	-1 $\frac{1}{2}$	514	$\frac{4}{5}\overline{1}; \frac{4}{5}\overline{1}$	346	$\frac{1}{2}\overline{1}; \frac{1}{6}\overline{1}$
164.	ba	-1 $\frac{2}{3}$	11.2.9	$\frac{9}{11}\overline{1}; \frac{2}{11}\overline{1}$	7.2.13	$\frac{1}{13}\overline{1}; \frac{2}{13}\overline{1}$
165.	bb	-1 $\frac{1}{2}$	746	$\frac{6}{7}\overline{1}; \frac{1}{7}\overline{1}$	548	$\frac{8}{8}\overline{1}; \frac{1}{8}\overline{1}$
166.	bc	-1 $\frac{1}{2}$	16.10.11	$\frac{11}{16}\overline{1}; \frac{10}{16}\overline{1}$	7.5.26	$\frac{2}{26}\overline{1}; \frac{5}{26}\overline{1}$
167.	bd	-1 $\frac{5}{8}$	745	$\frac{5}{8}\overline{1}; \frac{4}{8}\overline{1}$	7.2.11	$\frac{1}{11}\overline{1}; \frac{2}{11}\overline{1}$
168.	be	-14	524	$\frac{4}{5}\overline{1}; \frac{4}{5}\overline{1}$	247	$\frac{1}{2}\overline{1}; \frac{1}{2}\overline{1}$
169.	bf	-17	827	$\frac{7}{8}\overline{1}; \frac{1}{8}\overline{1}$	5.1.10	$\frac{1}{10}\overline{1}; \frac{1}{10}\overline{1}$
170.	bg	+2 $\frac{5}{8}$	13.2.7	-1 $\frac{2}{8}$	9.6.14	$\frac{6}{14}\overline{1}; \frac{9}{14}\overline{1}$
171.	bh	+82	11.7.7	-1 $\frac{1}{11}$	425	$\frac{4}{5}\overline{1}; \frac{2}{5}\overline{1}$
172.	bi	-1 $\frac{3}{5}$	634	$\frac{4}{5}\overline{1}; \frac{3}{5}\overline{1}$	729	$\frac{1}{9}\overline{1}; \frac{2}{9}\overline{1}$
173.	bj	+8 $\frac{4}{5}$	17.1.3	$\frac{3}{17}\overline{1}; \frac{1}{17}\overline{1}$	779	$\frac{7}{9}\overline{1}; \frac{1}{9}\overline{1}$
174.	bk	+1 $\frac{5}{8}$	25.4.11	$\frac{11}{25}\overline{1}; \frac{4}{25}\overline{1}$	5.4.13	$\frac{4}{13}\overline{1}; \frac{5}{13}\overline{1}$
175.	bl	+2 $\frac{1}{8}$	13.1.3	$\frac{3}{13}\overline{1}; \frac{1}{13}\overline{1}$	757	$\frac{5}{7}\overline{1}; \frac{1}{7}\overline{1}$
176.	bm	-2 $\frac{3}{8}$	10.5.8	$\frac{8}{10}\overline{1}; \frac{3}{10}\overline{1}$	3.2.15	$\frac{1}{15}\overline{1}; \frac{2}{15}\overline{1}$
177.	bn	-5 $\frac{2}{3}$	23.11.24	$\frac{24}{23}\overline{1}; \frac{11}{23}\overline{1}$	5.4.17	$\frac{4}{17}\overline{1}; \frac{5}{17}\overline{1}$
178.	bo	-1 $\frac{6}{8}$	23.15.17	$\frac{17}{23}\overline{1}; \frac{15}{23}\overline{1}$	7.3.19	$\frac{3}{19}\overline{1}; \frac{7}{19}\overline{1}$
179.	bp	-1 $\frac{5}{6}$	17.11.13	$\frac{13}{17}\overline{1}; \frac{11}{17}\overline{1}$	7.2.14	$\frac{2}{14}\overline{1}; \frac{7}{14}\overline{1}$
180.	bq	-2 $\frac{3}{8}$	23.5.19	$\frac{19}{23}\overline{1}; \frac{5}{23}\overline{1}$	7.2.14	$\frac{2}{14}\overline{1}; \frac{7}{14}\overline{1}$
181.	br	-1 $\frac{1}{3}$	58.12.33	-3 $\frac{6}{33}$	27.25.46	$\frac{2}{46}\overline{1}; \frac{25}{46}\overline{1}$
182.	bs	-2 $\frac{5}{10}$	35.17.32	$\frac{32}{35}\overline{1}; \frac{17}{35}\overline{1}$	75.3.52	$\frac{1}{52}\overline{1}; \frac{3}{52}\overline{1}$

**Perspectivisches Projectionsbild  $\varphi$  des Calcit.** Das  $\varphi$ -Bild ist für die Discussion die bessere Unterlage als das  $p$ -Bild. Das ergibt sich aus folgender Betrachtung: Die wichtigsten Knoten des Calcit sind:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{mit den } p\text{-Symbolen:} & p & a \\
 & 0 & 40 \\
 & - & \varphi - & 40 & 70 & 0
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 \varphi \\
 1\overline{1}; \overline{1}
 \end{array}$$

In den  $\varphi$ -Symbolen entsprechen also  $p \cdot a \varphi$  der regulären Combination von Dodekaëder und Würfel, in den  $p$ -Symbolen dem Würfel, sechs Dodekaëderflächen und sechs Oktaëderflächen. Die  $\varphi$ -Deutung ist die einfachste und deshalb die natürlichere. Dies zeigt sich auch im Hervortreten interessanter Beziehungen zu dem Formensystem anderer Krystallarten (Idokras, Granat, . . .).

**Calcit. Primärknoten.** Mit Sicherheit sind als Primärknoten  $p$  und  $a$  anzusehen. Sie geben zusammen eine dodekaëdrische Anlage. Es fragt sich, ob auch  $\varphi$  Primärknoten ist. Ein entscheidendes Moment gegen  $\varphi$  als Primärknoten fand ich nicht; doch reichen  $p \cdot a$  zur Erklärung der Formenentwicklung aus, nicht aber  $p \cdot \varphi$  oder  $a \varphi$ .  $a$  ist schwächer als  $p$ . Denn Zone  $aba$  (Fig. 26, Taf. VI) ist arm gegen  $p \cdot K : a$ , und  $p \cdot \delta \cdot p$ . Auch spricht dafür, dass  $p$  stärker als  $a$ , der Umstand, dass Zone  $p \cdot \delta \cdot p$  reicher ist als  $p \cdot K : a$ , Punkt  $\delta$  wichtiger als  $K$ ,  $K$  wichtiger als  $b$ .

**Vergleich mit Idokras.** Der Fall ist analog dem des Idokras.  $pa$  des Idokras entsprechen zusammen  $p \cdot a$  des Calcit und geben die dodekaëdrische Anlage.  $cm$  Idokras entsprechen zusammen dem  $\varphi$  des Calcit, dem regulären Würfel. In beiden Fällen standen wir vor der Frage, ob die Würfelpunkte  $cm$  resp.  $\varphi$  Hauptprimärknoten sind, und kamen beide Male zu dem Schluss, sie seien Primärdominanten oder Primärknoten, die im Rang den Dodekaëderpunkten nachstehen.

**Calcit. Entwicklung des Formensystems aus  $p \cdot a$  als Primärknoten. Primärzonen.** Zwischen den Primärknoten  $p \cdot a$  spannen sich folgende Primärzonen:  $p \cdot \delta \cdot p$ ;  $p \cdot K : a$ ;  $p \cdot \varphi \cdot a$ ;  $aba$ . Letztere auffallend schwach. Von den Primärdominanten  $\varphi \cdot \delta \cdot K : b$  ist  $\varphi$  die stärkste wegen des Schnittes zweier Primärzonen und zweier Secundärzonen. Weil  $p$  stärker als  $a$ , ist das Stück  $p \cdot \varphi$  reicher als  $\varphi \cdot a$ . Auffallend ist, dass  $K : a$  reicher ist als  $K : p$ . Das mag sich daraus erklären, dass  $a$  nur wenig durch das andere  $a$  in Anspruch genommen ist,  $p$  dagegen stark durch  $p$ . Dafür dass  $a$  seine Hauptwirkung der  $p$ -Seite zugewendet, spricht auch die Bildung von Zonen aus  $a$  zwischen  $a \varphi$  und  $a p$ , z. B.  $aa$ ;  $ae$ .

**Secundärzonen** spannen sich zwischen den Primärknoten  $p \cdot a$  und den Primärdominanten  $\varphi \cdot \delta \cdot K : b$ . Die wichtigste ist  $p \cdot o \delta \cdot \varphi \cdot b$ . Diese Zone, obwohl eine secundäre, ist reich, weil sie viele wichtige Punkte enthält: den Primärknoten  $p$ , die Primärdominanten  $\varphi \cdot \delta \cdot b$  und den Punkt  $o$ , der verstärkt ist durch den Schnitt von drei Secundärzonen. Reich ist ferner die Secundärzone  $am \cdot K : \varphi$  wegen wichtiger Punkte. Die übrigen Secundärzonen  $a \delta$  und  $bp$  sind schwach,  $p \cdot K$  gar nicht entwickelt.

**Tertiärzonen und Nebenzonen** von untergeordneter Bedeutung vollenden das Bild.

Von der Untersuchung der Zonen des Calcit durch Spaltung wurde im ersten Theil dieser Untersuchung<sup>1)</sup> Einiges mitgetheilt. Wir können alle Zonen spalten und die Ursache der Abnormitäten, der Verstärkung einzelner Punkte im Bild aufsuchen. Hierbei ist eventuell wegen Knickung der Zonenlinien im perspectivischen Projectionsbild das gnomonische heran-

1) Diese Zeitschr. 1897, 28, 4 f.



zuziehen. Die Discussion des Bildes bietet noch vielfaches Interesse, doch soll hier nur die Entwicklung in den Hauptzügen gegeben werden <sup>1)</sup>.

**Calcit. Dodekaëdrische Anlage. Innerer Bau.** Die Primärknoten  $p \cdot a$  (Fig. 26, Taf. VI) liefern eine befriedigende Entwicklung der Calcitformen. Sie geben dem Calcit wie dem Idokras (s. oben) und dem Granat (s. unten) eine dodekaëdrische Anlage. Wir schlossen aber, dass die sechs Punkte  $p$  von anderer und zwar grösserer Intensität sind, als die sechs Punkte  $a$ , dass unter den Punkten des Spaltungsrhomboëders  $p$  stärkere (mehr, grössere) Moleküle sitzen, als unter den Prismenpunkten  $a$ .

Die nächstliegende Vermuthung ist, es seien unter den  $p$  die Gruppen  $CaO$ , unter den  $a$   $CO_2$  zu suchen. Doch entbehrt diese Vermuthung derzeit jeder Begründung.

**Intensität und Abstand der Knoten.** Es fragt sich, ob man aus dem Abstand der Knoten auf die Intensität der darunter liegenden Moleküle

1) **Voraussagung von Formen aus der Discussion.** In der Zone  $p \cdot 4$  ( $G_2$ ) fand C. Palache an Calciten vom Lake Superior (Brief vom 11. Juni 1896) die neuen Formen:

$$+ \frac{1}{4} 4 (19.16.35.4); + 54 (54\bar{9}4); + \frac{1}{3} 4 (16.12.28.3); + \frac{1}{7} 4 (40.28.68.7).$$

Eine Discussion der Zone durch Spaltung zeigte, dass der Reihe, wie sie im Index gegeben ist, mit diesen Ergänzungen die in der Entwicklung der Zone wichtigen Punkte:

$$+ \frac{2}{3} 4 (26.20.46.5); + \frac{1}{2} 4 (11.8.79.2); 64 (6.4.70.1)$$

fehlten. Verf. theilte dies Herrn Palache mit und sprach die Vermuthung aus, dass sich diese Formen noch finden würden. In der That hat Palache nachträglich (Brief vom 2. Oct. 1896) die Formen  $+\frac{2}{3} 4$  und  $+\frac{1}{2} 4$  an einem schönen Krystalle vom Lake Superior aufgefunden. Jede der beiden trat mit sechs Flächen auf, in der Zone nur mit  $+10.4 (10.4.74.4)$ ; beide gaben gute Reflexe, deren Winkel gut mit den berechneten stimmten. Sie sind somit sicher.

$+64$  fand sich in Irby's Verzeichniss nach Beobachtungen von vom Rath und Hessenberg. Es war durch ein Versehen der Aufnahme in den Index entgangen. Palache hat die Form wieder beobachtet.

Die Möglichkeit, mit unserer Discussion die Existenz von Formen als wahrscheinlich vorauszusagen, giebt derselben eine schöne Bestätigung und erhöht, neben der theoretischen, ihre praktische Bedeutung.

Durch Discussion der Zahlenreihen wurden im Index der Krystallformen bereits manche Prüfungen vorgenommen, Formen als wahrscheinlich vorhergesagt, andere als unwahrscheinlich und deshalb verdächtig einer Nachprüfung unterzogen (vgl. Index 3, Vorwort S. V). Solche Schlüsse konnten dort nicht genügend begründet werden. Sie veranlassten beispielsweise Arzruni zu der Bemerkung (diese Zeitschr. 1890, 18, 55):

»Was er (Verf.) mit den Worten: »In der Reihe der Zahlen wäre  $+\frac{1}{10}$  statt  $+\frac{1}{3}$  zu erwarten«, gemeint hat, ist mir unverständlich. Ich kann mir nicht denken, dass Verf. der Natur Gesetze vorschreiben will.«

Nach der vorliegenden Schrift erscheint die Kritik des Index in richtigerem Licht. Leider fanden sich die Gesetze zur Discussion erst mit der fortschreitenden Ausarbeitung des Index und durch sie. Sie konnten deshalb nur in dem Maasse, wie sie sich abklärten, und nur auf das noch nicht Gedruckte angewendet werden.

schliessen könne. Ob etwa grössere Moleküle mehr Platz brauchen und deshalb weiter abstehen, ob stärkere durch gegenseitige Attraction dichter zusammenrücken. So einfach dürfte die Frage nicht liegen, und ihre Beantwortung erfordert ein eingehendes Studium, das zum Ziele hat, Grösse, Intensität und Abstand der Massen in der Partikel und der Primärknoten durch Gesetz und Formel zu verknüpfen.

Beim Calcit haben die schwachen  $a$ -Punkte den dem regulären Dodekaëder entsprechenden Abstand von  $60^\circ$  behalten. Die stärkeren  $p$ - sind auf  $74^\circ 55'$  auseinander gerückt.

**Beispiel 3. Granat.** Die Entwicklung der Granatformen ist nun mit wenigen Worten dargelegt.

**Formenverzeichniss (Index 2, 107).**

$c$	$F$	$a$	$g$	$e$	$h$	$b$	$\delta$	$G$	$d$	$l$	$\lambda$	$m$	$q$	$A$	$B$	$t$	$p$
0	$\frac{1}{6}0$	$\frac{1}{3}0$	$\frac{2}{5}0$	$\frac{1}{2}0$	$\frac{3}{8}0$	$\frac{3}{4}0$	$\frac{4}{5}0$	$\frac{1}{2}0$	10	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	1
				$v$	$u$	$w$	$y$	$D$	$x$	$E$	$\omega$	$\Sigma$					
				$4\frac{1}{3}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{2}{3}$	$4\frac{1}{2}$	$5\frac{3}{8}$	$3\frac{1}{3}$	$7\frac{1}{10}$	$3\frac{1}{10}$	$3\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{5}$				

$DE$  sind von Cathrein 1889 angegeben.  $F = \frac{1}{6}0$  (vom Rath 1878) fehlt durch ein Versehen im Index. Fig. 27, Taf. VII giebt ein perspectivisches Punktbild, Fig. 22, Taf. V ein perspectivisches Linienbild.

**Anlage dodekaëdrisch.** Primärknoten  $d$ ; Primärzonen  $dcd$ ,  $dqd$  mit den Primärdominanten  $cq$ ; Secundärzonen  $dpqc$ . Damit ist bis auf wenige Punkte das Formensystem des Granats erschöpft.

**Analogie zwischen Idokras, Calcit, Granat.** Alle drei haben dodekaëdrische Anlage. Der Unterschied in der Entwicklung der einzelnen Zonen ist motivirt durch die Gleichheit resp. Ungleichheit der Dodekaëderpunkte. Wir finden beim Granat alle zwölf Dodekaëderpunkte  $d$  gleichwerthig; beim Idokras acht Punkte  $p$  verschieden von den vier anderen  $a$ ; beim Calcit haben wir sechs stärkere Punkte  $p$ - und sechs schwächere  $a$ . Die Analogie im Einzelnen zeigen die Figuren. Aus ihnen, sowie aus den Tabellen, lässt sich entnehmen, welche Flächen als einander entsprechend anzusehen sind.

**Anlage und innerer Bau.** Die Entwicklung der Formen ist gleichartig trotz der Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung, ja auch des Krystallsystems. Sie ist beherrscht von der Anlage, d. h. von der Zahl und Anordnung der Primärknoten, in zweiter Linie von deren relativer Intensität. Also von der Zahl und Anordnung der unter den Primärknoten sitzenden Moleküle (Atome), in zweiter Linie von deren relativer Grösse und Stärke, in dritter Linie von sonstigen (chemischen) Eigenschaften derselben.

Idokras, Calcit, Granat geben ein Beispiel für die oben (S. 435)

definirte isoëdrische Anlage bei verschiedener chemischer Constitution und verschiedenem Krystallsystem.

**Beispiel 4. Topas.** Auch das Formensystem des Topas ist einer dodekaëdrischen Deutung fähig<sup>1)</sup>. Eine solche Deutung bietet vielfaches Interesse. Die Stellen des Dodekaëders nehmen die Hauptpyramiden *o* und die zwei Pinakoide *cb* ein. An Stelle des Würfels sitzen das Pinakoid *a* und das Doma *f*. Fig. 28, Taf. VII zeigt die perspectivische Projection auf die Polarform der Combination *af*.

Wir wollen von den sechs Flächen dieser Polarform diejenigen als (*a*) resp. (*f*) bezeichnen, deren Mittelpunkt und Coordinatenanfang (*a*) resp. (*f*) ist. Fläche und Gegenfläche sind gleich; ausserdem sind die Flächen (*f*) symmetrisch und gleichwerthig in Bezug auf Punktbesetzung. Wir erhalten die Symbole *p'q'* der Projection auf (*a*) resp. die Symbole *p''q''* der Projection auf (*f*) aus den Symbolen *pq* des Index durch die Transformation:

$$pq \text{ (Index)} \div \frac{1+q}{2p} \frac{1-q}{2p} \text{ (Proj. auf (a))} = p'q'$$

$$\div \frac{1-q}{1+q} \frac{2p}{1+q} \text{ (Proj. auf (f))} = \frac{q'}{p'} \frac{1}{p'} = p''q''.$$

Beim Auftragen der Punkte ist deren Wiederholung nach der Symmetrie zu beachten. Die folgende Tabelle giebt die Topasformen mit den Symbolen des Index und deren Transformation.

(Siehe die Tabelle auf S. 449 und 450.)

Die Analogie der Formenentwicklung des Topas mit der des Granat, Idokras, Calcit ist auffallend. Gestört ist sie durch das eigenartige Eingreifen des jedenfalls primären Knotens *y* in die Entwicklung.

**Verschiedene Anlage im gleichen System.** Die Beispiele Idokras, Calcit, Granat zeigten die gleiche dodekaëdrische Anlage in verschiedenen Krystallsystemen. Die folgenden mögen verschiedene Anlage im gleichen System zeigen. Wir wählen das reguläre System und wollen Zinkblende und Magnetisenerz, beide mit oktaëdrischer Anlage, neben den dodekaëdrischen Granat stellen.

**Beispiel 5. Zinkblende.** Beobachtete Formen. (Index 3, 333.)

<i>c</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>v</i>	<i>l</i>	<i>kk</i>	<i>λλ</i>	<i>mm</i>	<i>M</i>	<i>o</i>	<i>q</i>	<i>qq</i>
0	$\frac{1}{3}0$	$\frac{1}{4}0$	$\frac{1}{2}0$	$\frac{2}{3}0$	10	$+\frac{1}{12}$	$-\frac{1}{3}$	$\pm\frac{1}{4}$	$\pm\frac{2}{7}$	$\pm\frac{1}{3}$	$-\frac{3}{8}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{4}{3}$	$\pm\frac{1}{2}$
<i>A</i>	<i>pp</i>	<i>Q</i>	<i>vv</i>	<i>u</i>	<i>P</i>	<i>Φ</i>	<i>x</i>	<i>ω</i>	<i>B</i>	<i>U</i>	<i>D</i>			
$-\frac{4}{7}$	$\pm 1$	$-\frac{1}{15}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{8}$	$-\frac{3}{8}$	$-\frac{3}{4}$	$-\frac{3}{4}$	$-\frac{1}{11}$	$+\frac{5}{11}$	$+\frac{5}{11}$	$-\frac{7}{9}$	$\frac{5}{9}$
						<i>y</i>	<i>U</i>	<i>Φ</i>						
						$-\frac{3}{4}$	$-\frac{1}{15}$	$-\frac{7}{15}$	$-\frac{5}{7}$					

(Fortsetzung S. 450.)

1) Zwei andere Deutungen wurden in dieser Zeitschr. 1893, 2, 25 angegeben und in perspectivischer Projection Taf. VI abgebildet.

Topas.

Symbole zur perspectivischen Projection bei dodekaëdrischer Deutung.

$$p'q' = \frac{1+q}{2p} \frac{1-q}{2p}; \quad p''q'' = \frac{1-q}{1+q} \frac{2p}{1+q}.$$

Nr.	Buchst.	Symb. zur Projection		
		auf <i>c</i> <i>pq</i>	auf <i>a</i> <i>p'q'</i>	auf ( <i>f</i> ) <i>p''q''</i>
1	<i>c</i>	0	∞	1 0
2	<i>b</i>	0 ∞	∞ ∞	1 0
3	<i>a</i>	∞ 0	0	0 ∞
4	? <i>f</i>	6 ∞	$\frac{1}{12} \frac{1}{12}$	1.12
5	<i>ζ</i>	4 ∞	$\frac{1}{3} \frac{1}{3}$	1 8
6	<i>N</i>	2 ∞	$\frac{1}{4} \frac{1}{4}$	1 4
7	<i>M</i>	∞	$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$	1 2
8	? <i>O</i>	∞ $\frac{6}{5}$	$\frac{3}{5} \frac{3}{5}$	1 $\frac{5}{3}$
9	<i>m</i>	∞ $\frac{3}{2}$	$\frac{3}{4} \frac{3}{4}$	1 $\frac{4}{3}$
10	<i>λ</i>	∞ $\frac{7}{4}$	$\frac{7}{8} \frac{7}{8}$	1 $\frac{8}{7}$
11	? <i>r</i>	∞ $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4} \frac{1}{4}$	1 $\frac{4}{3}$
12	? <i>L</i>	∞ $\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6} \frac{1}{6}$	1 $\frac{6}{5}$
13	<i>l</i>	∞ 2	1 1	1 1
14	<i>π</i>	∞ $\frac{5}{2}$	$\frac{5}{4} \frac{5}{4}$	1 $\frac{4}{5}$
15	<i>g</i>	∞ 3	$\frac{3}{2} \frac{3}{2}$	1 $\frac{2}{3}$
16	<i>n</i>	∞ 4	2 2	1 1
17	<i>μ</i>	∞ 5	$\frac{5}{2} \frac{5}{2}$	1 $\frac{2}{5}$
18	<i>D</i>	0 $\frac{1}{5}$	$\frac{3}{2} \infty$	$\frac{2}{3} 0$
19	<i>H</i>	0 $\frac{1}{3}$	2 ∞	$\frac{1}{2} 0$
20	<i>F</i>	0 $\frac{2}{5}$	$\frac{7}{3} \infty$	$\frac{3}{7} 0$
21	<i>β</i>	0 $\frac{1}{2}$	3 ∞	$\frac{1}{3} 0$
22	<i>G</i>	0 $\frac{3}{5}$	4 ∞	$\frac{1}{4} 0$
23	<i>X</i>	0 $\frac{2}{3}$	5 ∞	$\frac{1}{5} 0$
24	<i>K</i>	0 $\frac{4}{5}$	9 ∞	$\frac{1}{9} 0$
25	<i>J</i>	0 $\frac{5}{8}$	11 ∞	$\frac{1}{11} 0$
26	<i>f</i>	0 1	∞ 0	0
27	<i>γ</i>	0 $\frac{8}{7}$	15 ∞	$\frac{1}{15} 0$
28	<i>k</i>	0 $\frac{3}{2}$	5 ∞	$\frac{1}{5} 0$
29	<i>y</i>	0 2	3 ∞	$\frac{1}{3} 0$
30	<i>Δ</i>	0 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2} \infty$	$\frac{1}{2} 0$
31	<i>w</i>	0 4	$\frac{5}{3} \infty$	$\frac{3}{5} 0$
32	<i>o</i>	$\frac{1}{4} 0$	2	$\frac{1}{2} 0$
33	<i>h</i>	$\frac{1}{3} 0$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} 0$
34	<i>δ</i>	$\frac{2}{3} 0$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} 0$
35	<i>p</i>	$\frac{1}{2} 0$	1	1
36	<i>C</i>	$\frac{3}{5} 0$	$\frac{5}{8}$	$\frac{4}{5}$
37	<i>V</i>	$\frac{3}{4} 0$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{3}$
38	<i>B</i>	$\frac{4}{5} 0$	$\frac{5}{8}$	$\frac{4}{5}$
39	<i>κ</i>	$\frac{9}{10} 0$	$\frac{5}{9}$	$\frac{4}{5}$
40	<i>d</i>	1 0	$\frac{1}{2}$	1 2

Nr.	Buchst.	Symb. zur Projection		
		auf <i>c</i> <i>pq</i>	auf <i>a</i> <i>p'q'</i>	auf ( <i>f</i> ) <i>p''q''</i>
41	<i>q</i>	20	$\frac{1}{4}$	14
42	<i>P</i>	$\frac{7}{2} 0$	$\frac{1}{7}$	17
43	<i>ε</i>	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{2} \frac{3}{2}$	$\frac{3}{5} \frac{2}{3}$
44	<i>i</i>	$\frac{1}{3}$	21	$\frac{1}{2}$
45	<i>f</i>	$\frac{2}{5}$	$\frac{7}{4} \frac{3}{4}$	$\frac{3}{7} \frac{4}{3}$
46	<i>u</i>	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{3} \frac{2}{3}$
47	<i>S</i>	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{3} \frac{1}{3}$	$\frac{1}{4} \frac{3}{4}$
48	<i>Z</i>	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{6} \frac{1}{6}$	$\frac{1}{7} \frac{6}{7}$
49	<i>g</i>	$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{10} \frac{1}{10}$	$\frac{1}{11} \frac{10}{11}$
50	<i>o</i>	1	10	01
51	<i>w</i>	$\frac{9}{8}$	$\frac{7}{9} \frac{1}{9}$	$\frac{9}{7} \frac{1}{7}$
52	<i>e</i>	2	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{3} \frac{2}{3}$
53	<i>Q</i>	7	$\frac{4}{7} \frac{1}{7}$	$\frac{7}{4} \frac{1}{4}$
54	<i>Φ</i>	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8} \frac{3}{8}$	$\frac{3}{5} \frac{8}{5}$
55	<i>Θ</i>	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3} \frac{1}{3}$	$\frac{1}{2} \frac{3}{2}$
56	<i>Y</i>	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4} \frac{1}{4}$	$\frac{1}{3} \frac{4}{3}$
57	<i>Γ</i>	$\frac{4}{5}$	$\frac{10}{10} \frac{1}{10}$	$\frac{1}{10} \frac{10}{10}$
58	<i>r</i>	12	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{3} \frac{2}{3}$
59	<i>i</i>	13	21	$\frac{1}{2} \frac{2}{2}$
60	<i>R</i>	14	$\frac{5}{2} \frac{3}{2}$	$\frac{3}{5} \frac{2}{3}$
61	<i>Φ</i>	$\frac{1}{4}$	50	01
62	<i>T</i>	$\frac{1}{3}$	30	01
63	<i>Ω</i>	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5} 0$	0 $\frac{2}{5}$
64	<i>v</i>	$\frac{1}{2}$	20	0 $\frac{1}{2}$
65	<i>Σ</i>	$\frac{4}{7}$	$\frac{7}{4} 0$	0 $\frac{4}{7}$
66	<i>η</i>	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{2} 0$	0 $\frac{2}{3}$
67	<i>Δ</i>	$\frac{5}{7}$	$\frac{7}{5} 0$	0 $\frac{5}{7}$
68	<i>Θ</i>	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{4} 0$	0 $\frac{4}{5}$
69	<i>U</i>	26	$\frac{7}{4} \frac{5}{4}$	$\frac{5}{7} \frac{4}{7}$
70	<i>Π</i>	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{3} \frac{2}{3}$
71	<i>Ξ</i>	32	$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{3} \frac{2}{3}$
72	<i>α</i>	$\frac{1}{2} \frac{1}{4}$	$\frac{5}{4} \frac{3}{4}$	$\frac{3}{5} \frac{4}{5}$
73	<i>Ψ</i>	$\frac{1}{2} \frac{3}{2}$	$\frac{5}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{5} \frac{2}{5}$
74	<i>a</i>	$\frac{1}{2} \frac{5}{2}$	$\frac{7}{2} \frac{3}{2}$	$\frac{3}{7} \frac{2}{7}$
75	<i>s</i>	$\frac{1}{6} \frac{1}{2}$	$\frac{9}{2} \frac{3}{2}$	$\frac{1}{3} \frac{2}{3}$
76	<i>ψ</i>	$\frac{1}{4} \frac{1}{2}$	34	$\frac{1}{3}$
77	<i>ll</i>	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \frac{1}{6}$	$\frac{1}{3} \frac{2}{3}$
78	<i>χ</i>	$\frac{1}{3} \frac{1}{6}$	$\frac{7}{4} \frac{3}{4}$	$\frac{4}{7} \frac{3}{7}$
79	<i>x</i>	$\frac{1}{5} \frac{2}{3}$	$\frac{5}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{5} \frac{2}{5}$
80	<i>φ</i>	$\frac{1}{3} \frac{1}{3}$	$\frac{7}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{7} \frac{2}{7}$



Nr.	Buchst.	Symb. zur Projection		
		auf <i>c</i> <i>pq</i>	auf <i>a</i> <i>p'q'</i>	auf ( <i>f</i> ) <i>p''q''</i>
81	b	$\frac{1}{3} \frac{3}{3}$	47	$\frac{1}{4} \frac{1}{4}$
82	q	$\frac{2}{3} \frac{3}{3}$	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \frac{1}{4}$
83	c	$\frac{4}{3} \frac{3}{3}$	$\frac{1}{2} \frac{1}{4}$	$\frac{1}{2} \frac{2}{2}$
84	b	4.10	$\frac{1}{8} \frac{8}{8}$	$\frac{9}{11} \frac{8}{11}$
85	g	$\frac{1}{4} \frac{4}{4}$	$\frac{7}{2} \frac{2}{2}$	$\frac{1}{7} \frac{2}{7}$
86	e	$\frac{1}{4} \frac{4}{4}$	$\frac{9}{2} \frac{2}{2}$	$\frac{1}{9} \frac{2}{9}$
87	h	$\frac{1}{4} \frac{7}{4}$	$\frac{1}{2} \frac{3}{2}$	$\frac{3}{11} \frac{2}{11}$
88	i	$\frac{1}{5} \frac{5}{5}$	73	$\frac{3}{8} \frac{1}{8}$
89	r	$\frac{3}{4} \frac{1}{4}$	$\frac{5}{6} \frac{1}{2}$	$\frac{3}{5} \frac{6}{5}$
90	i	$\frac{7}{8} \frac{1}{4}$	$\frac{5}{7} \frac{3}{7}$	$\frac{3}{5} \frac{7}{5}$
91	t	$\frac{1}{5} \frac{5}{5}$	44	$\frac{1}{4} \frac{1}{4}$
92	f	$\frac{7}{2} \frac{6}{2}$	4 $\frac{5}{7}$	$\frac{7}{4} \frac{1}{4}$
93	q	$\frac{6}{7} \frac{1}{7}$	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{3}{4} \frac{3}{2}$
94	l	9.17	$\frac{4}{5} \frac{5}{5}$	$\frac{3}{8} \frac{1}{8}$
95	v	$\frac{1}{10} \frac{9}{10}$	$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{19} \frac{2}{19}$
96	m	$\frac{2}{3} \frac{4}{3}$	$\frac{7}{4} \frac{1}{4}$	$\frac{3}{7} \frac{4}{7}$

Nr.	Buchst.	Symb. zur Projection		
		auf <i>c</i> <i>pq</i>	auf <i>a</i> <i>p'q'</i>	auf ( <i>f</i> ) <i>p''q''</i>
97	n	$\frac{2}{3} \frac{5}{3}$	2 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4} \frac{1}{2}$
98	o	$\frac{2}{3} \frac{10}{3}$	$\frac{1}{4} \frac{7}{4}$	$\frac{7}{13} \frac{4}{13}$
99	z	$\frac{5}{3} \frac{2}{3}$	$\frac{1}{2} \frac{10}{10}$	$\frac{1}{2} \frac{2}{2}$
100	p	$\frac{2}{3} \frac{5}{3}$	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{9} \frac{2}{9}$
101	E	$\frac{3}{8} \frac{3}{4}$	$\frac{3}{5} \frac{3}{5}$	$\frac{1}{7} \frac{3}{7}$
102	q	$\frac{4}{5} \frac{6}{5}$	$\frac{1}{8} \frac{8}{8}$	$\frac{1}{11} \frac{8}{11}$
103	A	$\frac{5}{6} \frac{7}{6}$	$\frac{1}{3} \frac{10}{10}$	$\frac{1}{13} \frac{10}{13}$
104	σ	$\frac{7}{8} \frac{7}{4}$	$\frac{1}{7} \frac{8}{8}$	$\frac{3}{11} \frac{7}{11}$
105	3	$\frac{2}{5} \frac{8}{5}$	$\frac{1}{4} \frac{3}{4}$	$\frac{3}{13} \frac{4}{13}$
106	6	$\frac{3}{5} \frac{2}{5}$	$\frac{7}{6} \frac{1}{2}$	$\frac{3}{7} \frac{6}{7}$
107	v	$\frac{2}{7} \frac{7}{7}$	4 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8} \frac{1}{4}$
108	h	$\frac{4}{7} \frac{10}{7}$	$\frac{1}{8} \frac{8}{8}$	$\frac{1}{17} \frac{8}{17}$
109	r	$\frac{5}{7} \frac{4}{7}$	$\frac{1}{10} \frac{10}{10}$	$\frac{3}{11} \frac{10}{11}$
110	ε	$\frac{5}{9} \frac{4}{9}$	$\frac{1}{10} \frac{2}{2}$	$\frac{5}{13} \frac{10}{13}$
111	z	$\frac{7}{15} \frac{4}{15}$	$\frac{1}{8} \frac{11}{8}$	$\frac{1}{19} \frac{11}{19}$
112	Φ	$\frac{8}{11} \frac{14}{11}$	$\frac{2}{16} \frac{3}{16}$	$\frac{3}{25} \frac{16}{25}$

Beisp. 5. Zinkblende. Fortsetzung. Die Formen  $r = \frac{1}{5}$  und  $n = \frac{2}{3}$ , deren Vorzeichen Becke nicht feststellen konnte, wurden weggelassen. Fig. 29, Taf. VIII giebt das perspektivische Punktbild, Fig. 23, Taf. V das perspektivische Zonenbild.

Primärknoten sind  $p = -4$  und schwächer  $p = +4$ . Primärzonen  $p \cdot cp$ ;  $p \cdot dp$  schwächer,  $pcp$  noch schwächer, weil  $p$  stärker als  $p$ . Primärdominanten  $c$  stärker als  $d$ , weil zwischen den zwei stärksten Primärknoten und im Schnitt zweier Primärzonen. Möglicherweise ist Dominante  $c$  stärker als Primärknoten  $p$ . Secundärzonen  $p \cdot md$ , bei  $m$  abgeschnitten durch die (ältere) Primärzone  $pcp$ . Nehmen wir noch die Tertiärzonen  $cdc$  dazu, so haben wir das System der Zinkblendeformen bis auf Weniges erschöpft.

Oktaëdrische Anlage der Zinkblende. Die Annahme von  $p$  allein als Primärknoten giebt keine befriedigende Ableitung der Formen. Wir messen daher der Zinkblende oktaëdrische, nicht tetraëdrische Anlage bei, wenn auch mit ungleich starkem  $p$  und  $p$ . Auffallend ist, dass die ausgezeichnete Spaltungsform  $d$  nicht Primärknoten ist, sogar als Dominante hinter  $c$  zurücksteht.

Beispiel 6. Magneteisenerz. Beobachtete Formen (Index 2, 337):

<i>c</i>	<i>a</i>	<i>e</i>	<i>h</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>N</i>	$\mu$	<i>q</i>	$\lambda$	<i>m</i>	<i>o</i>
0	$\frac{1}{3} \frac{0}{0}$	$\frac{1}{2} \frac{0}{0}$	$\frac{3}{5} \frac{0}{0}$	$\frac{7}{10} \frac{0}{0}$	40	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$
<i>q</i>	<i>q</i>	<i>p</i>	<i>u</i>	<i>P</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	$\Gamma$	$\Theta$	$\Delta$	
$\frac{4}{9}$	$\frac{1}{2}$	4	4 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5} \frac{1}{5}$	$\frac{2}{3} \frac{1}{3}$	$\frac{3}{4} \frac{1}{2}$	$\frac{5}{6} \frac{2}{3}$	$\frac{7}{9} \frac{1}{9}$	$\frac{1}{3} \frac{5}{21}$	

Fig. 30, Taf. VIII zeigt das perspektivische Punktbild, Fig. 24, Taf. V das perspektivische Zonenbild.

Primärknoten sind  $p = 4$ . Primärzonen sind  $pcmp$  reich,  $pdp$  auf-

fallend arm. Primärdominanten  $c$  stärker als  $d$ , weil zugleich Dominante zweier Primärzonen. Secundärzonen  $pmd$ . Damit ist in der Hauptsache das Formensystem des Magnetit erschöpft. Die Anlage ist oktaëdrisch.

**Primärknoten und Elemente.** Mit der Lage der Primärknoten sind die krystallographischen Elemente  $p_0 q_0 \lambda \mu \nu$  resp.  $abc\alpha\beta\gamma$  einer Krystallart fixirt. Wir sehen also hier einen Weg, um der Bedeutung dieser merkwürdigen, die Krystalle beherrschenden Constanten auf den Grund zu kommen. Aus der Lage und Art der Massentheilchen in der Partikel werden wir auf die Primärknoten und die krystallographischen Elemente schliessen, umgekehrt aus den Elementen auf Lage und Eigenschaften der Primärknoten und der Massentheilchen.

Die Erklärung der Elementzahlen bedarf noch eingehender Untersuchung und ausführlicher Darlegung. Sie soll an anderem Ort versucht werden. Folgendes halte ich schon jetzt für gesichert:

Die Krystallelemente  $p_0 q_0 \lambda \mu \nu$  resp.  $a:b:c, \alpha\beta\gamma$  sind wesentlich (in erster Annäherung) bestimmt durch die Anlage, d. h. den Ort der Massencentren (Moleküle, Atome). Von secundärem Einflusse ist die Natur der den Ort einnehmenden Theilchen. Ein Ersetzen von Theilchen durch andere, ähnliche oder unähnliche ohne Störung der Anlage ändert die Elemente wenig.

**Beispiele.** Calcit, Magnesit, Eisenspath, Zinkspath, Manganspath, aber auch Proustite, Pyrargyrit, Natronsalpeter haben die gleiche Anlage. Daher sind die Elemente ähnlich.

**Elementzahlen und Elementwinkel.** Durch die Anlage sind gewisse einfache Abstände und Winkel vorgezeichnet, denen die Elemente, bezogen auf die Primärform, d. h. den Ausgang der Entwicklung, sich nähern. Es sind zunächst die Zahlen 1, 2,  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$  und ihre Reciproken und die Winkel  $\alpha = 90^\circ, 70^\circ 32', 60^\circ, 53^\circ 8'$ , die mit obigen Zahlen so zusammenhängen, dass  $\text{tg } \frac{\alpha}{2} = 1, \sqrt{\frac{1}{2}}, \sqrt{\frac{1}{3}}, \frac{1}{2}$  ist. Wir kommen auf diese Verhältnisse im Einzelnen an anderer Stelle zurück.

## XXII. Ueber Homogenität.

Von

C. Viola in Rom.

---

Wenn wir uns einen mathematischen Begriff von der Homogenität in einem unbegrenzten Raume machen wollen, müssen wir von Dem ausgehen, was uns die Erfahrung an die Hand giebt, ohne a priori die Kenntniss einer bestimmten Structur vorauszusetzen. Was wissen wir aus der Erfahrung? Wir wissen aus der Erfahrung, dass bei einer grossen Anzahl von Punkten sich beständig die physikalischen Erscheinungen auf dieselbe Weise wiederholen. Wir erlauben uns, daraus zu folgern, dass, wenn wir uns einen Krystall unbegrenzt vorstellen, wir in einer unendlichen Anzahl von Punkten dieselben physikalischen Eigenschaften auf dieselbe Weise wiederholt vorfinden würden. Wir müssen also annehmen, dass die physikalischen Eigenschaften und Erscheinungen sich nicht constant gleich auf allen Punkten eines Krystalles vorfinden, wohl aber bei einer unendlichen Anzahl von Punkten, wenn die Materie unbegrenzt ist, und diese Punkte sich nicht nebeneinander, sondern in endlichen Entfernungen von einander befinden. Aus dieser Erkenntniss müssen die Eigenschaften einer homogenen Materie oder Structur entwickelt werden können.

In jedem Punkte muss eine bestimmte physikalische Erscheinung durch eine bestimmte Grösse ausgedrückt werden können, so dass wir sagen können, diese Grösse sei eine Function der Coordinaten des Punktes.

Um die Sache zu verdeutlichen, denken wir uns, dass es sich darum handelt, die Cohäsion einer unbegrenzten krystallisirten Materie in jedem Punkte und nach jeder beliebigen Richtung anzugeben. Es ist klar, dass die Cohäsion eine Function der Lage des Punktes sein wird, welches auch die zur Bestimmung dieser Lage nothwendigen Argumente seien. Dasselbe kann man von der Geschwindigkeit des Lichtes, der Fortpflanzung der Wärme, der elektrischen Induction, der Löslichkeit etc. etc. sagen.

Jede einzelne physikalische Erscheinung kann durch eine Function dargestellt werden, deren Argument das nothwendig Gegebene ist, welches

die Lage eines Punktes im Raume feststellt. Eine beliebige solche Function wollen wir mit dem Symbole  $W$  bezeichnen, worin auch mehrere Functionen begriffen sein können.

Um die Lage des Punktes festzustellen, nehmen wir drei orthogonale incommensurable Einheiten  $i_1, i_2, i_3$  an, welche positiv sind, wenn man sie von dem Ursprunge  $O$  aus in einem bestimmten Sinne nimmt. Im umgekehrten Sinne genommen sind sie negativ, und man schreibt sie  $-i_1, -i_2, -i_3$ . Wenn man auf den Richtungen  $i_1, i_2, i_3$  die genannten Einheiten  $x$ -,  $y$ - resp.  $z$ -mal nimmt, so kann man mit den Coordinaten  $x, y, z$  die Lage eines Punktes  $p$  durch eine lineare Relation feststellen; in der That wird der Vector  $\rho$  der Lage und der Grösse nach der algebraischen Summe

$$\rho = i_1 x + i_2 y + i_3 z$$

gleichkommen.

So können wir sagen,  $W$  sei eine Function einer einzigen Variablen  $\rho$ .

Was die Relationen der drei incommensurablen Einheiten anlangt, können wir sie leicht auf folgende Weise entwickeln. Wenn die Ebene  $i_1 i_2$  um  $i_3$  eine Drehung von  $90^\circ$  macht, so wird  $i_1$  in die Lage von  $i_2$  und  $i_2$  in diejenige von  $-i_1$  gebracht. Diese Viertelsdrehung lässt sich durch die Einheit  $i_3$  darstellen, indem man sie auf die Einheiten  $i_1$  und  $i_2$  anwendet; so erhalten wir:

$$i_3 \cdot i_1 = i_2 \quad \text{und} \quad i_3 \cdot i_2 = -i_1.$$

Eine weitere Viertelsdrehung um  $i_3$  wird  $i_1$  in  $-i_1$  und  $i_2$  in  $-i_2$  versetzen, folglich erhalten wir:

$$\begin{aligned} i_3^2 \cdot i_1 &= +i_3 \cdot i_2 = -i_1, \\ i_3^2 \cdot i_2 &= -i_3 \cdot i_1 = -i_2. \end{aligned}$$

In analoger Weise erhalten wir ähnliche Verhältnisse, wenn die Drehungen um  $i_1$  resp.  $i_2$  ausgeführt werden:

$$\begin{aligned} i_1 \cdot i_2 &= i_3, & i_1 \cdot i_3 &= -i_2, \\ i_2 \cdot i_3 &= i_1, & i_2 \cdot i_1 &= -i_3. \end{aligned}$$

Ferner ergibt sich aus diesen Verhältnissen noch:

$$i_1^2 = i_2^2 = i_3^2 = +i_1 i_2 i_3 = -1.$$

Nun sind wir im Stande, die Function  $W$  mittelst einer Linearsumme der drei Einheiten  $i_1, i_2, i_3$  darzustellen.

Wenn wir in  $W = F(\rho)$  den Werth von  $\rho$  einführen, müssen wir nach den dazugehörigen Reductionen einen Ausdruck der Form

$$(1) \quad W = \alpha + u i_1 + v i_2 + w i_3$$

erhalten, wo  $\alpha, u, v, w$  Functionen von  $x, y, z$  und unabhängig von  $i_1, i_2, i_3$  sind.

Bevor wir weiter gehen, haben wir die Aufgabe, die Verhältnisse fest-



zustellen, welche unerlässlich sind, damit in der That  $W$  eine Function nicht bloß von  $x, y, z$ , sondern von  $q$  sei.

Machen wir die erste Ableitung von  $W$  in Bezug auf  $q$ , wohlverstanden nur in den stetigen und endlichen Punkten der Function  $W$ :

$$\frac{dW}{dq} = \frac{\frac{\partial W}{\partial x} dx + \frac{\partial W}{\partial y} dy + \frac{\partial W}{\partial z} dz}{i_1 dx + i_2 dy + i_3 dz}.$$

Es ist klar, dass  $F$  in der That eine Function von  $q$  ist im gewöhnlichen Sinne des Wortes, wenn die erste Ableitung von  $W$  in Bezug auf  $q$  von  $dq$  unabhängig sein wird. Damit dies letztere der Fall sei, ist es nothwendig und genügend, dass die folgenden Relationen stattfinden:

$$(2) \quad \frac{\partial W}{\partial x} = i_1 \Phi, \quad \frac{\partial W}{\partial y} = i_2 \Phi, \quad \frac{\partial W}{\partial z} = i_3 \Phi,$$

wo  $\Phi$  eine Function von  $x, y, z$  ist. Dies angenommen wird

$$(3) \quad \frac{dW}{dq} = \Phi.$$

Wenn die (2) multiplicirt werden mit den respectiven Einheiten  $i_1, i_2, i_3$ , erhält man

$$i_1 \frac{\partial W}{\partial x} = i_2 \frac{\partial W}{\partial y} = i_3 \frac{\partial W}{\partial z}.$$

Diese Bedingungen nehmen eine andere Form an und werden von  $i_1, i_2, i_3$  unabhängig, wenn man an Stelle von  $W$  den Ausdruck (4) setzt. Diese Bedingungen lassen sich endlich auf folgende einfache Linearrelationen reduciren:

$$\alpha = B, \quad u = Ax, \quad v = Ay, \quad w = Az,$$

wo  $A, B$  constant sind. Daher wird

$$W = Aq + B.$$

Eine Function von einem Argumente  $q$  im Raume kann also nur vom ersten Grade, oder aus solchen vom ersten Grade zusammengesetzt sein.

Ist nun festgestellt, dass  $W$  eine Function von  $q$  ist, so können wir auf dieselbe Das anwenden, was wir in Bezug auf die Functionen einer Variablen wissen. Sie wird durch die Anzahl der Wiederholungen ihres Werthes im unbegrenzten Raume classificirt.

1. Sie ist eine algebraische Function  $n^{\text{ter}}$  Ordnung, wenn sie sich in einer Anzahl  $n$  von Punkten genau wiederholt;

2. sie ist eine Constante, wenn sie denselben Werth in allen Punkten besitzt, und endlich

3. periodisch, wenn sie denselben Werth in einer unendlichen Anzahl Punkten besitzt.

Es ist klar, dass für das Dasein des Krystalles die Function  $W$  eine periodische Function sein muss. Wenn  $W$  die eine oder andere der physikalischen Erscheinungen in einem gegebenen Punkte des Krystalles darstellt, kann  $W$  nicht eine algebraische Function sein, da der Werth, den  $W$  in einem gegebenen Punkte besitzt, sich in  $n$  anderen Punkten wiederholen würde, so dass ausser einer gewissen Grenze dieser Werth sich nicht mehr zeigen könnte. Aber die Function  $W$  ist auch keine Constante, da dann Richtungen und Punkte in dem ganzen von der krystallisirten Materie eingenommenen Raume gleichgültig wären.

Eine periodische Function im Raume kann einfach, doppelt oder dreifach sein, je nachdem sie eine einzige Periode, oder zwei resp. drei incommensurable Perioden besitzt.

Wenn die Function einfachperiodisch ist, wiederholt sich der Werth der Function, den sie in einem Punkte besitzt, in einer unendlichen Anzahl von Punkten, welche auf der durch jenen Punkt gehenden Geraden gelegen sind. Durch jeden Punkt geht daher ein gleichwerthiges gerades Punktsystem, welches zu einer bestimmten Richtung parallel ist.

Wenn die Function doppeltperiodisch ist, wiederholt sich der Werth, den dieselbe in einem Punkte besitzt, in einer unendlichen Anzahl anderer Punkte, die auf einer durch jenen Punkt gehenden Ebene gelegen sind. Durch jeden Punkt geht daher ein gleichwerthiges Ebenen-Punktsystem, das immer dieselbe Richtung verfolgt, und in dem die gleichwerthigen oder, wie sie auch heissen, homologen Punkte ein mit gleichmässigen Maschen versehenes Ebenennetz bilden.

Wenn die Function  $W$  dreifachperiodisch ist, wiederholt sich der Werth, welchen sie in einem Punkte besitzt, in einer unendlichen Anzahl anderer Punkte, indem sie ein mit gleichmässigen Maschen versehenes Raumnetz bilden. Somit geht durch jeden einzelnen Punkt ein Raumgitter von gleichwerthigen oder homologen Punkten, welches congruent und gleich orientirt ist mit einem anderen Raumgitter, das durch irgend einen anderen Punkt hindurchgeht. Ein Raumgitter von Punkten kann man auch Punktsystem im Raume nennen. Dann kann die dreifachperiodische Function durch eine unendliche Anzahl von unter sich congruenten und parallelen Punktsystemen dargestellt werden.

Eine solche Function giebt genau den Begriff einer homogenen Structur wieder, so dass man sagen kann:

Eine homogene Structur ist mit einer periodischen Function im Raume gleichbedeutend; oder vielmehr sie ist eine solche, wo alle physikalischen Erscheinungen der Materie dieselben Werthe in einer unendlichen Anzahl von Punkten erlangen, wenn wir uns die Structur als unbegrenzt denken.

Also wiederholen sich die physikalischen Erscheinungen, die wir in

einem beliebigen Punkte der homogenen Materie nachgewiesen haben, in gleicher Weise in einer unendlichen Anzahl anderer Punkte im Raume, oder auch: jeder einzelne Punkt einer homogenen Structur hat sein entsprechendes System homologer Punkte im Raume.

Folglich ist eine nicht homogene Structur gleichbedeutend mit einer algebraischen Function oder mit einer Constanten, d. h. wo jedem Punkte eine begrenzte Anzahl homologer Punkte entspricht, oder resp. alle Punkte mit Bezug auf die physikalischen Erscheinungen indifferent sind.

Eine Constante entspricht daher einer structurlosen Materie. Barlow hat auch eine fast gleiche Definition der homogenen Structur angegeben, nämlich:

»Eine homogene Structur ist eine solche, innerhalb welcher ein jeder Punkt, wenn wir die Structur als unbegrenzt denken, eine unendlich grosse Anzahl ihm entsprechender anderer Punkte besitzt, deren Stellungen in der Structur genau die gleichen sind; so dass alle die unendlich vielen geometrischen Punktsysteme, welche beziehungsweise gegeben sind, wenn man alle gleichartigen Punkte nimmt, regelmässige unendliche Punktsysteme sind, wie sie bei Sohncke als solche definirt sind, bei welcher die Anordnung der übrigen Punkte um irgend einen derselben die gleiche ist wie um jeden anderen Massenpunkt.«

Die erste Hälfte dieser Definition stimmt mit der meinen vollkommen überein. Der Zusatz, »deren Stellungen in der Structur genau die gleichen sind«, ist überflüssig, da es nicht möglich ist, dass jedem Punkte eine unendliche Anzahl homologer Punkte entspricht, ohne dass ihre Stellungen genau die gleichen seien. Für die Definition der Homogenität könnte man auch von der Thatsache absehen, dass um einen Punkt herum die Anordnung die gleiche sei, wie bei jedem anderen Punkte des unendlichen Punktsystems. Der Begriff der Homogenität setzt einfach fest, dass in einer unendlichen Anzahl von Punkten im unbegrenzten Raume die physikalischen Erscheinungen sich in genau derselben Art und Weise wiederholen; ob dann diese Thatsache von der gleichmässigen Vertheilung der Materie an jeder beliebigen Stelle des homologen Punktsystems abhängt oder nicht, ist nebensächlich.

Was den Grad der Homogenität anbetrifft, den wir später definiren werden, dürfen wir nicht ausser Acht lassen, dass sie sich auf eine grosse Anzahl physikalischer Erscheinungen bezieht. Die Function  $W$  kann periodisch sein, wenn sie eine gewisse physikalische Erscheinung angeht, kann hingegen nicht periodisch sein, wenn sie sich auf eine andere physikalische Erscheinung bezieht. Wir können z. B. sagen, dass der Krystall nicht im eigentlichen Sinne homogen in Bezug auf seine Dichtigkeit ist, da man die Dichtigkeit als in allen Punkten gleich annimmt; daher lässt sich die Dichtigkeit nicht durch eine Function, sondern durch eine Constante darstellen.

Ebenso sicher ist, dass die Structur in anderer Weise homogen ist in Bezug auf die Geschwindigkeit eines Lichtstrahls von bestimmter Wellenlänge, als in Bezug auf die Aetzung der Substanz in einem Lösungsmittel. Ueberdies ist bekannt, dass, wenn die elektrischen Erscheinungen die Polarität einer Richtung bestimmen, die Lichterscheinungen dies durchaus nicht thun können. Wenn wir die Function  $W$  dazu verwenden, die Homogenität einer Structur zu bestimmen, ist es erforderlich, dass diese so gewählt sei, dass sie den grösstmöglichen Grad von Homogenität darbiete. Und wir verstehen unter  $W$  gerade eine solche Function.

Bevor wir weiter gehen, müssen wir uns mit den Perioden der Function  $W$  vertraut machen.

Wenn eine einzige incommensurable Periode  $\Omega_1$  besteht, und die Function deshalb einfach ist, so lassen sich alle anderen möglichen Perioden natürlich durch ein rationales Vielfaches von  $\Omega_1$  darstellen.

Wenn zwei incommensurable Perioden  $\Omega_1$  und  $\Omega_2$  bestehen, und die Function deshalb doppelt ist, lassen sich alle anderen möglichen Perioden durch Linearrelationen in  $\Omega_1$  und  $\Omega_2$  darstellen. Es seien z. B.  $\Omega'$  und  $\Omega''$  zwei andere Perioden derselben Function, so bekommen wir

$$\begin{aligned}\Omega' &= \alpha_1 \Omega_1 + \beta_1 \Omega_2, \\ \Omega'' &= \alpha_2 \Omega_1 + \beta_2 \Omega_2,\end{aligned}$$

wo  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$  rationale Zahlen sind. Wenn das mit zwei Perioden construirte Parallelogramm den kleinsten Flächeninhalt unter allen möglichen Parallelogrammen besitzt, sagt man, dass die darauf bezüglichen Perioden elementar seien. Wenn  $\Omega_1$  und  $\Omega_2$  zwei elementare Perioden sind, werden es auch  $\Omega'$  und  $\Omega''$  sein, wenn die Determinante

$$(\alpha_1 \beta_2) = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \beta_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 \end{vmatrix} = \pm 1 \quad \text{ist.}$$

Falls die periodische Function dreifach ist, seien  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$  ihre drei incommensurablen Perioden. Jede andere Periode der Function kann durch eine Linearrelation ausgedrückt werden in den drei Perioden  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$ , nämlich:

$$\begin{aligned}\Omega' &= a_1 \Omega_1 + b_1 \Omega_2 + c_1 \Omega_3, \\ \Omega'' &= a_2 \Omega_1 + b_2 \Omega_2 + c_2 \Omega_3, \\ \Omega''' &= a_3 \Omega_1 + b_3 \Omega_2 + c_3 \Omega_3,\end{aligned}$$

wo  $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$  rationale Zahlen sind.

Auch hier heissen sie elementare Perioden, wenn das Volumen des durch sie beschriebenen Parallelepipedons den kleinstmöglichen Werth besitzt. Das kleinste Parallelepipedon ist das Elementarparallelepipedon.

Es seien  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$  drei elementare Perioden, welche uns durch die Relationen



$$\Omega_1 = A_1 i_1 + B_1 i_2 + C_1 i_3,$$

$$\Omega_2 = A_2 i_1 + B_2 i_2 + C_2 i_3,$$

$$\Omega_3 = A_3 i_1 + B_3 i_2 + C_3 i_3$$

gegeben sind, dann ist die Determinante

$$\mathcal{A} = (A_1 \ B_2 \ C_3),$$

welche das Volumen des Parallelepipedons  $(\Omega_1 \ \Omega_2 \ \Omega_3)$  ausdrückt, die kleinstmögliche.

Wenn auch  $\Omega'$ ,  $\Omega''$ ,  $\Omega'''$  drei elementare Perioden sind, so muss das mittelst derselben construirte Parallelepipedon auch das Volumen  $\mathcal{A}$  besitzen, d. h.:

$$(a_1 \ b_2 \ c_3) (A_1 \ B_2 \ C_3) = \mathcal{A}$$

$$\text{oder} \quad (a_1 \ b_2 \ c_3) = \pm 1$$

sein.

Haben wir nun die Elementarperioden der Function  $W$  festgestellt, so müssen wir diese letztere, damit sie vollständig bekannt sei, auch in den im Elementarparallelepipedon enthaltenen Punkten kennen. Obwohl keine aus der Erfahrung stammenden Anhaltspunkte zu Gebote stehen, um die Function  $W$  in den Punkten eines Parallelepipedons zu kennen, können wir doch einige Eigenschaften bestimmen, welche sie innerhalb eines jeden Elementarparallelepipedons besitzen muss. Da, wo die Function  $W$  endlich und stetig ist, soll sie durch die Functionen  $\alpha$ ,  $u$ ,  $v$ ,  $w$  dargestellt werden, welche in  $x$ ,  $y$ ,  $z$  linear sind, wie wir schon angegeben haben.

Ohne Unstetigkeiten ist also  $W$  entweder eine Constante oder eine algebraische Function ersten Grades. Das können wir übrigens auch direct herausbringen, wenn wir ganz von den Bedingungen absehen, ob  $W$  Function der Variabeln  $\varrho$  sei oder nicht.

Nehmen wir in der That an, dass  $W$  eine Function von  $x$ ,  $y$ ,  $z$  mit drei unabhängigen Elementarperioden  $\Omega_1$ ,  $\Omega_2$ ,  $\Omega_3$  sei, und wenden wir auf dieselbe den Green'schen Satz an.

$W$  sei also endlich und stetig in einem von einer Fläche  $s$  abgeschlossen, begrenzten Raume, deren Element  $ds$  ist, wo die Zunahme der Normalen gegen den geschlossenen Raum hin  $dn$  ist. Es sei ferner  $dx$  das Volumenelement, und

$$\mathcal{A}W = \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}$$

der Differentialparameter des zweiten Grades; dann werden wir gemäss dem Green'schen Satze haben:

$$\int \frac{dW}{dn} \cdot ds = - \int \mathcal{A}W \cdot dx,$$

wenn man das erste Integral auf die ganze Oberfläche  $s$  und das zweite auf

das ganze von der Fläche  $s$  eingeschlossene Volumen ausdehnt, wo weder  $W$  noch ihre partiellen Ableitungen

$$\frac{\partial W}{\partial x}, \frac{\partial W}{\partial y}, \frac{\partial W}{\partial z}$$

unstetig und unendlich werden.

Um diesen Green'schen Satz auf unseren Fall anzuwenden, der eine periodische Function behandelt, haben wir die zwei Integrale auch auf das Elementarparallelepipedon auszudehnen.

Fangen wir mit der Voraussetzung an, dass  $\frac{dW}{dn}$  in allen Punkten der das Parallelepipedon umschliessenden Fläche stetig sei, und ferner, dass die Function  $W$  im selben Raume ersten Grades sei, so wird das erste Integral, das auf die perimetrale Oberfläche des Parallelepipedons ausgeht, gleich Null sein; dasselbe muss bei dem zweiten der Fall sein, welches das Integral des Volumens ist. Aber wenn  $W$  stetig und vom ersten Grade ist, kann sein Differentialparameter sich nicht von einem Punkte zum anderen ändern, daher muss überall

$$\Delta W = 0$$

sein.  $W$  kann also durch eine Linearfunction dargestellt werden. Ohne Unstetigkeit muss sie eine Constante sein, da sie nicht unendlich werden kann.

Wir wollen zweitens annehmen, dass  $W$  und  $\frac{dW}{dn}$  Unstetigkeiten besitzen. Zur Anwendung des Green'schen Satzes ist es genügend, diese Discontinuitäten mit einer Fläche vollständig zu umgeben. Man sieht sogleich, dass, wenn isolirte Unstetigkeitspunkte vorhanden sind, das erste Green'sche Integral auch Null wäre, und deshalb ebenso das zweite;  $W$  wäre neuerdings wieder eine Constante.

Um sich in  $W$  eine periodische Function vorstellen zu können, müssen wir Unstetigkeitsflächen zugestehen.

$S$  sei also eine beliebige Unstetigkeitsfläche, welche ein Elementarparallelepipedon in zwei Theile theilt; dann kann man den Green'schen Satz anwenden, wenn man die zwei Integrale auf das ganze Volumen des Elementarparallelepipedons ausdehnt und ferner zu dem Flächenintegrale auch den auf die Unstetigkeitsfläche  $S$  bezüglichen Theil addirt, indem man die betreffende Integration auf die beiden Seiten der oben genannten Unstetigkeitsfläche  $S$  ausdehnt. Da  $W$  in dem ganzen Raume endlich und stetig und obendrein ersten Grades ist, so wird das Integral  $\int \Delta W \cdot d\tau$  neuerdings Null, und daher  $W$  linear sein. So erhalten wir die auf beide Seiten der Unstetigkeitsfläche ausgedehnte Integration

$$\int \frac{dW}{dn} dS = 0$$

Nun ist klar, dass, wenn  $S$  eine geschlossene Fläche wäre,  $W$  eine Constante innerhalb und ausserhalb derselben wäre; eine nicht geschlossene und beliebige Fläche  $S$  ist aber mit der Periodicität der Function  $W$  unverträglich; daraus schliessen wir, dass  $S$  eine Ebene sein muss.

Wenn die Unstetigkeitsfläche  $S$  nicht zwei mögliche Perioden enthielte, so müsste sie sich parallel zu sich selbst unzählige Male in jedem Elementarparallelepipedon wiederholen, und ein solcher Fall ist nicht denkbar, weder mit einer periodischen Function, noch mit einer Function im Allgemeinen, und es würde jeder Stützpunkt für den Begriff der Homogenität wegfallen.

Soll daher  $W$  eine dreifachperiodische Function des ersten Grades sein, so müssen drei Unstetigkeitsebenen vorhanden sein, welche gleichzeitig ein Elementarparallelepipedon ausmachen. Ich komme bei der Betrachtung einer Homogenität der  $n^{\text{ten}}$  Ordnung sogleich wieder darauf zurück.

Wir sehen also, dass eine homogene Structur des ersten Grades mit Hülfe von Elementarparallelepipeda der Unstetigkeit definirt werden kann, innerhalb welcher die Function  $W$  stetig und linear ist.

In dem Elementarparallelepipedon wird die Form der Function  $W$  daher folgende sein:

$$W = Ax + By + Cz + D,$$

wo  $A, B, C, D$  Constanten sind. Wir können die Function  $W$  mittelst Niveauflächen darstellen, wo  $W$  constant ist, und die Niveauflächen parallele Ebenen sind.

Alle möglichen Elementarparallelepipeda müssen drei Unstetigkeitsebenen enthalten; jedoch wird eine Schaar derselben ganz von den Unstetigkeiten begrenzt. Durch jeden Punkt innerhalb eines solchen geht ein  $W$ -Niveau, und dieses erscheint in den gleichwerthigen Unstetigkeitsparallelepipeda je einmal.

Eine Homogenität des ersten Grades hat drei Unstetigkeiten, und in jedem Unstetigkeits-Elementarparallelepipedon giebt es stets eine Ebene, in welcher an allen Punkten sämtliche physikalischen Erscheinungen sich genau gleich wiederholen, und durch jeden Punkt geht eine solche Ebene, und zwar eine einzige. Die  $W$ -Niveaus aller Elementarparallelepipeda sind untereinander parallel.

Daraus folgt, dass in den Punkten der Unstetigkeitsebenen zwei Werthe der Function  $W$  existiren, nämlich die, welche zwei aneinander stossenden Elementarparallelepipeda angehören,  $W$  und  $W'$ , und ihre Differenz

$$W - W'$$

ist überall eine constante Grösse. In den Punkten einer Unstetigkeitskante, wo nämlich zwei Unstetigkeitsebenen sich schneiden, kommen vier Werthe der Function  $W$  vor, und endlich kommen in den Ecken der Unstetigkeitselementarparallelepipeda acht Werthe der Function  $W$  vor.

Wenn wir von den Unstetigkeitsstellen absehen, so können wir behaupten, dass bei der Homogenität des ersten Grades die Function  $W$  nicht in zwei oder mehreren Punkten innerhalb eines beliebigen Elementarparallelepipedons denselben Werth annimmt, wenn man nur solche Punkte in Betracht zieht, welche durch keine continuirliche Linie verbunden werden können, worin  $W$  denselben Werth annimmt, noch eine Unstetigkeit erfährt.

Analog wird eine Homogenität des zweiten Grades dadurch definirt, dass stets innerhalb eines Elementarparallelepipedons zwei Punkte und nicht mehr zu finden sind, worin die Function  $W$  denselben Werth erreicht, dass aber die zwei Punkte durch keine continuirliche Linie verbunden sind, wo  $W$  denselben Werth annimmt oder unstetig wird.

Ferner wird eine Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades dadurch definirt, dass stets  $n$  Punkte und nicht mehr innerhalb eines Elementarparallelepipedons zu finden sind, in welchem die Function  $W$  denselben Werth erreicht, dass aber die  $n$  Punkte durch keine continuirliche Linie, in der  $W$  ebenfalls denselben Werth annimmt, verbunden sind, oder durch keine Unstetigkeit der Function getrennt werden.

Eine solche die genannte Homogenität bestimmende Function sei im Allgemeinen unstetig, und ihre Unstetigkeitsflächen werden in der Gesamtheit in jedem Elementarparallelepipedon mit  $S$  bezeichnet. Wenn wir nun die Unstetigkeiten  $S$  mit Flächen vollständig umgeben, und wir diese kleinen, so erhaltenen Umkreisungsräume ausschliessen, so erhalten wir in dem ganzen Raume, wie gross er auch sei, eine vollkommene Stetigkeit sowohl der Function  $W$  als auch ihrer Differentialquotienten; und wir können uns erlauben, auf den ganzen Raum den Green'schen Satz anzuwenden. Das Flächenintegral ist immer Null, wenn wir den Integrationsraum unendlich gross und die Unstetigkeitsräume unendlich klein werden lassen:

$$\int \frac{dW}{dn} ds = 0;$$

ebenso muss deshalb auch das Raumintegral verschwinden; also:

$$\int \Delta W \cdot d\tau = 0.$$

Es werden daher ebenso viele Elemente, wo  $\Delta W > 0$ , als solche, wo  $\Delta W < 0$  ist, vorhanden sein. Und es muss deshalb auch Flächen, Scheidungsflächen, geben, wo

$$\Delta W = 0$$



ist. Die Niveauflächen  $\Sigma$ , welche dieser Laplace'schen Gleichung Genüge leisten, theilen nicht nur den ganzen Raum, sondern auch jedes einzelne Elementarparallelepipedon in gleiche Theile, wo einerseits  $\Delta W > 0$  und andererseits  $\Delta W < 0$  ist.

Bevor wir untersuchen, was eigentlich die Niveauflächen  $\Sigma$  seien, wollen wir prüfen, was die Unstetigkeitsflächen  $S$  sein können. Zu diesem Zwecke wollen wir die Green'schen Integrale auf ein einzelnes Elementarparallelepipedon anwenden, indem man die Unstetigkeitsflächen wie früher ausschliesst.

Das Raumintegral ist identisch gleich Null; das geht daraus hervor, dass ebenso viele  $\Delta W > 0$  als  $\Delta W < 0$  vorhanden sind.

Dasselbe muss bei dem Flächenintegrale der Fall sein, welches aus zwei Theilen besteht. Das auf die Oberfläche des Elementarparallelepipedons ausgedehnte Integral ist für sich Null; es muss daher das auf die Unstetigkeitsflächen  $S$  bezogene Flächenintegral ebenfalls verschwinden. Wir haben also für die in einem Elementarparallelepipedon befindlichen Unstetigkeitsflächen

$$\int \frac{dW}{dn} dS = 0.$$

Diese Bedingung ist nur dann zulässig, wenn entweder  $S$  Ebenen sind, oder die Function  $W$  zwischen den einzelnen Unstetigkeitsflächen linear ist.

Wir wollen also annehmen,  $W$  sei eine dreifach periodische Function des  $n^{\text{ten}}$  Grades, und ihre Unstetigkeitsflächen seien die Ebenen  $S$ . Wir umgeben von Neuem die Ebenen  $S$ , und dehnen die Green'schen Integrale auf den so modificirten Raum aus, aber unter der Voraussetzung, dass nur der Raum in Betracht gezogen werde, wo  $\Delta W$  das Zeichen nicht ändert.

Das Flächenintegral muss ebenfalls verschwinden. Wir haben daher auch:

$$\int \Delta W \cdot d\tau = 0.$$

Aber das Raumintegral ist nur auf den Raum ausgedehnt worden, wo  $\Delta W$  entweder nur  $< 0$  oder nur  $> 0$  ist. Die vorhin abgeleitete Gleichung sagt uns hingegen, dass auch in einem solchen Raume Flächen vorkommen müssen, auf welchen der Differentialparameter  $\Delta W$  gleich Null ist. Diesen Vorgang kann man öfters wiederholen; das Schlussresultat wird sein, dass man im ganzen homogenen Raume

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} = 0$$

hat. Diese Bedingung ist mit dem über irgend eine geschlossene, keine Unstetigkeit enthaltene Fläche ausgedehnten Flächenintegrale

$$\int \frac{dW}{dn} ds = 0$$

identisch.

Dieses wichtige Ergebniss kann man so ausdrücken:

Alle Punkte einer homogenen Structur sind unter sich nicht gleichwerthig in Bezug auf irgend eine physikalische Erscheinung; nur diejenigen Punkte sind es, welche in Bezug auf einen gegebenen Punkt periodisch im Raume angeordnet sind. Aber in jedem Punkte einer homogenen Structur ist der zweite Differentialparameter der eine bestimmte physikalische Erscheinung darstellenden Function gleich Null.

Dieses Ergebniss zeigt auch, dass, um sich eine homogene Structur vorzustellen, man nicht nur von einer discreten, sondern auch von einer continuirlichen Vertheilung der Materie ausgehen kann.

Wenn wir nun die bekannte Gleichung

$$W = \frac{1}{4\pi R^2} \int W ds$$

auf eine Kugelfläche vom Radius  $R$  beziehen, wo  $W$  keine Unstetigkeiten besitzt, so drückt diese Gleichung aus, dass innerhalb eines beliebigen Raumes weder Minima noch Maxima der Function  $W$  bestehen.

Aber wir haben angenommen, dass  $W$  eine periodische Function der  $n^{\text{ten}}$  Ordnung sei, welche ohne Maxima und Minima nicht zulässig ist. Wir schliessen also daraus, dass  $W$  aus Linearfunctionen zusammengesetzt sei, und zwar aus so vielen, als die Ordnungszahl der dreifachperiodischen Function ist. Und jede Linearfunction gilt nur innerhalb eines von Unstetigkeiten abgegrenzten Feldes.

Heben wir nämlich hervor, dass  $W$  nur einen einzigen Werth in jedem Punkte hat, d. h. dass ihre Inverse eine Function des ersten Grades ist, so würde  $W$  eine mehrfache Function überall dort sein, wo mehrere Linearfunctionen gelten würden.

Um daher dies zu vermeiden, müssen wir annehmen, dass jede Linearfunction von  $W$  in einem bestimmten Felde gilt, und dass in einem anderen Felde eine andere Function zu gelten hat. Es folgt daraus, dass solche Felder mit bestimmten, zu  $W$  gehörenden Linearfunctionen gleich sind. Um uns also eine dreifachperiodische Function  $n^{\text{ter}}$  Ordnung vorzustellen, müssen wir uns denken, dass ein bestimmtes Elementarparallelepipedon in  $n$  gleiche Theile zerlegt sei, und dass in jedem derselben eine einzige Linearfunction gelte, d. h. dass in jedem derselben die Function  $W$  die Rolle einer Function des ersten Grades spiele. Die  $n$  gleichen Theile oder Felder werden durch Ebenen abgegrenzt, worin entweder die Function  $W$  oder ihre partiellen Ableitungen oder auch beide unstetig sind.

Schreiben wir jetzt die  $n$  Linearfunctionen, welche in einem bestimmten Elementarparallelepipedon die dreifach periodische Function der  $n^{\text{ten}}$  Ordnung zusammensetzen:

$$\begin{aligned} W_1 &= A_1 x + B_1 y + C_1 z + D_1, \\ W_2 &= A_2 x + B_2 y + C_2 z + D_2, \\ W_3 &= A_3 x + B_3 y + C_3 z + D_3, \\ &\vdots \\ W_n &= A_n x + B_n y + C_n z + D_n. \end{aligned}$$

Wir sehen daher, dass die Construction einer Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades sich darauf beschränkt, ein Elementarparallelepipedon in  $n$  gleiche Felder zu zerlegen; dann ist die Homogenität jedes Feldes die des ersten Grades und durch eine Linearfunction bestimmt. Eine Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades kann somit als aus  $n$  Homogenitäten des ersten Grades zusammengesetzt aufgefasst werden.

Um eine Function des ersten Grades einfach darzustellen, genügt es, dass wir die Flächen gezogen denken, wo die Function  $W$  constant ist, und die wir, wie früher, Niveauebenen oder  $W$ -Niveaus nennen können. Ein solches  $W$ -Niveau ist z. B.

$$W_m = A_m x + B_m y + C_m z + D_m.$$

Und alle zu einem bestimmten Felde gehörenden  $W$ -Niveaus sind untereinander parallele Ebenen.

Aus dieser Auseinandersetzung geht offenbar hervor, dass irgend welche homogene Structur ohne Unstetigkeiten, sei es der Function  $W$ , sei es ihrer Ableitungen, undenkbar ist.

Versuchen wir z. B. eine Homogenität des zweiten Grades darzustellen.

Wir werden ein Elementarparallelepipedon in zwei gleiche Felder zu theilen haben. In jedem derselben wird die Function  $W$  ersten Grades und durch parallele Niveauebenen darstellbar sein. In einem derselben sei die Function:

$$W_1 = A_1 x + B_1 y + C_1 z + D_1,$$

in dem anderen:

$$W_2 = A_2 x + B_2 y + C_2 z + D_2.$$

Die zwei Felder des Elementarparallelepipedons werden natürlich nicht zu den Perioden der Function gehören, d. h. das eine wird nicht vermittelst möglicher Perioden in das andere übergehen können, da sonst das Elementarparallelepipedon einen kleineren Inhalt besäße, als angenommen wurde.

Dieser Bedingung kann auf zwei Weisen Genüge geleistet werden, nämlich entweder so, dass die  $W_1$ -Niveaus parallel zu den  $W_2$ -Niveaus sind, oder so, dass sie nicht parallel sind.

Vorerst fassen wir den Fall in's Auge, wo die Niveauebenen der Function  $W_1$  parallel sind zu denjenigen der Function  $W_2$ .

Dieser Annahme zufolge wird auf dem Umfange jedes Feldes die Unstetigkeit

$$W_1 - W_2$$

vorhanden sein; dagegen wird überall

$$\left(\frac{dW}{dn}\right)_1 + \left(\frac{dW}{dn}\right)_2 = 0$$

sein. Ferner sehen wir, dass, da zwei nebeneinander liegende Felder nicht immer periodisch zur Deckung gebracht werden können, die Differenz  $W_1 - W_2$  nicht überall constant sein darf. Auf zwei gegenüber liegenden Unstetigkeiten jedes Feldes wird daher  $W_1 - W_2$  variabel sein, und  $W_1 + W_2 = \text{const.}$  Auf einer solchen Unstetigkeitsfläche muss daher eine Gerade liegen, wo  $W_1 - W_2 = 0$  ist. Dass eine solche Gerade durch den Mittelpunkt eines Unstetigkeits-Elementarparallelepipedons hindurchgeht, ist leicht einzusehen.

Auf den Kanten jedes Feldes kommen natürlich vier Werthe der Function  $W$  vor; es sind jene, welche den vier angrenzenden Feldern angehören. Zwischen zweien solcher Werthe besteht aber die Gleichung  $W_1 - W_2 = 0$ ; zwischen den zwei anderen dagegen ist

$$W_1 - W_2 = \text{var.} \quad \text{und} \quad W_1 + W_2 = \text{const.}$$

Daher kommen Punkte vor, wo alle vier Werthe der Function  $W$  zusammenfallen. Solche singuläre Punkte sind auch die Ecken des Unstetigkeits-Elementarparallelepipedons. Wir sagen, dass die hier in Betracht kommende Homogenität des zweiten Grades durch Symmetriecentren ausgezeichnet wird. Sie gehört zur pinakoidalen Klasse der Krystalle. Dass wir auf verschiedene Weise eine solche Homogenität hervorrufen können, geht aus dem Gesagten leicht hervor.

Wir betrachten jetzt den zweiten Fall einer Homogenität zweiten Grades, nämlich den, wo die Niveauebenen der Function  $W_1$  nicht parallel zu den Niveauebenen der Function  $W_2$  sind. Damit das möglich sei, müssen die zu der Function  $W_1$  gehörenden Werthe in Bezug auf eine Gerade symmetrisch liegen zu jenen Werthen, welche zur Function  $W_2$  gehören. Das können wir auf zweierlei Weise erreichen; entweder dadurch, dass die Differenz

$$W_1 - W_2$$

in den Unstetigkeitsebenen variabel, oder dass

$$W_1 - W_2 = \text{const.}$$

sei. Kommt der erste Fall vor, so sind im Raume Gerade vorhanden, worin

$$W_1 - W_2 = 0$$

ist, und sie nennen sich zweizählige Symmetrieaxen; oder



$$W_1 - W_2 = \text{const.},$$

und dann heissen sie zweizählige Schraubenaxen.

Die zweite Art, um denselben Zweck zu erreichen, ist die, dass in den Unstetigkeitsebenen die Differenz

$$W_1 - W_2 = \text{const.}$$

sei, und gleichzeitig

$$\left(\frac{dW}{dn}\right)_1 + \left(\frac{dW}{dn}\right)_2 = 2\left(\frac{dW}{dn}\right)_1.$$

Ist jene Constante Null, so treten Symmetrieebenen, und ist sie von Null verschieden, so treten Schiebungsebenen auf. Die hier betrachteten Homogenitäten des zweiten Grades gehören zu der sphenoidischen resp. domatischen Klasse (Groth) der Krystalle, und sie können offenbar durch verschiedene Anordnung der Materie zu Stande gebracht werden.

Diese zwei Beispiele zeigen uns, dass die Unstetigkeiten der Function  $W$  oder ihrer Ableitungen verwerthet werden können, ja erforderlich sind, um die Homogenität eines bestimmten Grades weiter zu unterscheiden.

Eine dreifach periodische Function der  $n^{\text{ten}}$  Ordnung wird durch ein in  $n$  gleiche (nicht congruente) Felder getheiltes Elementarparallelepipedon darzustellen sein, wo die Linearfunctionen  $W_1, W_2, W_3, \dots W_n$  gelten werden. Die Trennungsflächen der einzelnen Felder sind Unstetigkeitsebenen, und zwar bald der Function  $W$ , bald ihrer Ableitungen, oder bald beider gleichzeitig.

Zur Charakterisirung einer Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades haben wir daher zu prüfen, ob in den Punkten der Unstetigkeitsebenen zwischen zwei benachbarten mit  $r$  und  $s$  bezeichneten Feldern die Differenz  $W_r - W_s$  eine constante oder eine variable Grösse sei, und in diesem letzten Falle, ob die Summe  $W_r + W_s$  constant sei oder nicht. Ferner hat man zu untersuchen, ob Gerade vorkommen, worin  $W_r - W_s$  constant ist oder auch gleich Null.

Ist erstens längs einer in der betreffenden Ebene liegenden Geraden

$$W_r - W_s = 0,$$

so hat man es mit einer Symmetrieaxe zu thun.

Ist diese letzte Differenz von Null verschieden, aber constant, so ist eine Schraubenaxe vorhanden.

Ist ferner längs einer oder mehrerer Geraden

$$W_r + W_s = \text{const.},$$

so liegt eine Inversionsaxe vor; und kommt in diesem Falle noch ein Punkt dazu, wo  $W_r - W_s = 0$  ist, so tritt bei der Homogenität ein Inversionscentrum auf. Wir sehen daraus, dass das Inversionscentrum eigentlich gar kein specielles Element der Homogenität darstellt. Ist zweitens längs einer Unstetigkeitsebene

$$W_r - W_s = 0,$$

so ist sie eine Symmetrieebene; sie ist dagegen eine Schiebungsebene, falls überall

$$W_r - W_s = \text{const.}$$

ist.

Wie bei der Homogenität des zweiten Grades hervorgehoben worden war, ersehen wir auch hier, dass die Homogenitäten, beziehungsweise die dreifach periodischen Functionen  $n^{\text{ter}}$  Ordnung, mit Hülfe der Grössen  $(W_r - W_s)$  und  $(W_r + W_s)$  und ihres oftmaligen Auftretens in einem Elementarparallelepipedon gekennzeichnet, ja beschrieben werden können.

Bei niedriger Ordnung der Homogenität kommt noch die Unstetigkeit

$$\left(\frac{dW}{dn}\right)_r + \left(\frac{dW}{dn}\right)_s,$$

ob sie nämlich Null oder von Null verschieden ist, in Betracht, um die Eigenschaft der betreffenden Homogenität festzustellen.

Die Art und Weise, wie hier eine Homogenität dargestellt worden ist, erinnert uns an jene Zwillingsgesetze, durch welche ein Zwillingskrystall eine höhere Symmetrie aufweist, als die einzelnen Zwillinge selbst besitzen. Denken wir uns nämlich eine bestimmte Anzahl von Feldern, nämlich die Hälfte, ein Drittel, ein Viertel, etc. derjenigen, welche ein Elementarparallelepipedon zusammensetzen, herausgenommen, und eine Homogenität

des  $\frac{n^{\text{ten}}}{2}$ ,  $\frac{n^{\text{ten}}}{3}$ ,  $\frac{n^{\text{ten}}}{4}$ , etc. Grades gebildet, so werden wir aus einer

Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades 2, 3 resp. 4 etc. einzelne Homogenitäten des  $\frac{n^{\text{ten}}}{2}$ ,  $\frac{n^{\text{ten}}}{3}$  resp.  $\frac{n^{\text{ten}}}{4}$  etc. Grades erhalten.

Solche Homogenitäten spielen aber die Rolle von Viellingen, indem dieselben zusammengenommen eine Homogenität des  $n^{\text{ten}}$  Grades ausmachen. Die Folge davon wird sein, dass, was die physikalischen Eigenschaften anbetrifft, solche Zwillingskrystalle von den eigentlichen Krystallen einer höheren Homogenität nicht unterscheidbar sein werden; und sie dürfen es auch nicht sein, da alles bei diesen und bei jenen vollkommen gleich ist.

In einem folgenden, der Redaction bereits eingereichten Aufsätze habe ich die verschiedenen Homogenitäten nach diesem Principe behandelt.

## XXIII. Nachträgliche Studie über Symmetriellehre.

Von

E. von Fedorow in Moskau.

(Hierzu 3 Textfiguren.)

---

Ich bezeichne diese Studie als eine nachträgliche, um zu betonen, dass in derselben keine wesentlich neuen Resultate enthalten sind. Ueberhaupt scheinen die Elemente der Symmetriellehre endgültig aufgestellt zu sein, da von keiner Seite irgend ein Widerspruch geltend gemacht worden ist. Diejenigen Autoren, welche sich noch mit diesen Elementen befassen, richten alle ihre Aufmerksamkeit ausschliesslich auf die Form der Darstellung derselben. So haben wir z. B. ein Wort für das Symmetriecentrum im Sinne Bravais' gehört. In der allerletzten Zeit liessen sich noch Stimmen hören für den Vorzug des Hervortretenlassens der Symmetrieebenen als des leitenden Symmetrieelementes. Bei dieser Sachlage handelt es sich also nicht mehr um die principiellen, sondern nur um die feineren Fragen über die zweckmässigste, vollkommenste Darlegung dieser Lehre.

Auf den ersten Blick kann es den Anschein haben, als ob diese Frage in dem Bereiche der persönlichen Begutachtung resp. des Beliebens liege. Wenn man z. B. die Frage dahin stellen will, auf welche Weise die einfachste Darstellung zu Stande kommt, so wird die Willkür der Lösung derselben ganz augenscheinlich, da natürlich die Einfachheit und Leichtfasslichkeit für eine Person von deren geistiger Individualität, von der Summe der früher erworbenen Kenntnisse, endlich von zufälligen Umständen abhängt. In dieser Studie will ich aber zeigen, dass dem nicht ganz so ist, und dass es unter allen denkbaren Formen der Darstellung der Symmetriellehre eine giebt, welche unzweifelhaft den Vorzug vor allen anderen hat. Es scheint mir der Mühe werth, diese Frage speciell zu behandeln, da bei der richtigen Lösung derselben wir die besten Chancen erhalten, dass endlich allenthalben die sehr gewünschte Einigkeit in der Darstellung und Nomenclatur entsteht. Die Wichtigkeit dieser Einigkeit ist natürlich nicht zu unterschätzen; dieselbe ist von vornherein ganz klar.

Nun also entsteht die Frage, welche Darstellung als die vollkommenste zu bezeichnen ist. Auf Grund der Lösung dieser Frage stelle ich das Princip auf, dass die vollkommenste Form diejenige ist, welche allen Gesichtspunkten harmonisch Rechnung trägt; wenn wir bei dem Uebergange von Fragen dieser Lehre einerlei Art zu Fragen anderer Art keine wesentlichen Abänderungen und Umformungen in den Grunddefinitionen brauchen, so ist die betreffende Form vollkommener, als diejenige, für welche solche Abänderungen resp. Umformungen nothwendig sind.

Dieses Princip giebt uns das Mittel an die Hand, auf die Vollkommenheit der Form einen unzweideutigen Schluss zu ziehen.

Bei der Behandlung so feiner Fragen, wie die jetzt gestellte, müssen wir uns natürlich einer möglichst unanfechtbaren Position bemächtigen, und auf einem allgemeinsten Standpunkte Schlüsse fassen, welche von vornherein allgemein als die sichersten angenommen werden müssen.

Nun aber haben wir es hier mit geometrischen Gebilden zu thun, und die vollkommenste Sprache, welche die Geschichte der Wissenschaft hierfür ausgearbeitet hat, ist die mathematische Analyse. Bei der gewöhnlichen Sprache, sogar bei synthetischer und constructioneller Behandlung der hierzu gehörigen Fragen, stehen wir immer in Gefahr, infolge der Unvollkommenheit der Ausdrücke resp. infolge der nicht allseitigen Schätzung der hervorgebrachten Constructionen einen Fehler resp. eine Inconsequenz zu begehen. Können wir aber die Fragen in der Form analytischer Gleichungen auflösen, so bleibt keine Spur eines Beliebens, einer rein persönlichen Intuition, übrig.

Gerade im vorliegenden Falle können wir dieses bewährteste Mittel als richtigen Wegweiser zu Hülfe nehmen.

Jede Symmetrieart kann durch analytische Gleichungen ausgedrückt werden. Wie auch die Symmetrieelemente aufgefasst werden, immer müssen die Gleichungen der Symmetriearten eine Anzahl charakteristischer Parameter enthalten, welche nur einen analytischen Ausdruck der angenommenen Symmetrieelemente darstellen, und deren Zähligkeit die Zähligkeit dieser Elemente ist.

Sind die Gleichungen einer Symmetrieart aufgestellt, so ist vorerst daraus unmittelbar die Symmetriegrösse abzulesen. Dieselbe ist nämlich dem Producte der Zähligkeiten der Parameter gleich. Dies ist selbstverständlich; sind z. B. in einer Gleichung zwei zweizählige und ein dreizähliger Parameter enthalten, so drückt dieselbe eine Symmetrieart mit der Grösse 12 aus.

Aus dieser einfachen Ueberlegung ist aber schon ein sehr wichtiger Schluss zu ziehen, dass nämlich die Zähligkeiten der angenommenen Parameter nur die Factoren der betreffenden Symmetriegrössen sein können.



Diejenigen Symmetrieelemente, welche direct durch entsprechende Parameter ausgedrückt werden, werden primitive genannt, und die Gesamtheit derselben, welche durch die Parameter der Gleichung vertreten sind, wird als eine vollständige Combination derselben bezeichnet.

Wir ziehen also daraus den bestimmten Schluss, dass die primitiven Symmetrieelemente nur aus solchen ausgewählt werden können, deren Zähligkeit ein Factor der Symmetriegrösse ist.

Um so mehr ist der Schluss nothwendig, dass unter den Symmetrieelementen nur solche auftreten können, deren Zähligkeit ein Factor der Symmetriegrösse ist.

Nun aber sind unter den Symmetriegrössen solche mit beliebigen einfachen Factoren vorhanden, also 2, 3, 5, 7 u. s. w. Die Symmetrieebenen sind aber zweizählig. Also können die Symmetrieebenen keineswegs allein als Symmetrieelemente auftreten.

Die zusammengesetzte Symmetrie ist nothwendig von gerader Zähligkeit. Folglich kann auch die zusammengesetzte Symmetrie keineswegs allein als Symmetrieelement auftreten.

Dass die Symmetrieachsen nicht die einzigen Symmetrieelemente sein können, ist selbstverständlich, da dieselben nur einen Theil der symmetrischen Deckungen bedingen, nur als Elemente der Decksymmetrie auftreten.

Da aber die Symmetrieachsen, wie auch die Symmetrieebenen und die zusammengesetzte Symmetrie auch allein ohne Combination mit anderen Symmetrieelementen auftreten können, so sind also diese sämmtlichen Symmetrieelemente nothwendig als solche anzunehmen.

Manche Autoren stellen noch das Inversionscentrum (von Manchen unbegreiflicher Weise unrichtig Symmetriecentrum<sup>1)</sup> genannt) in den Rang eines besonderen Symmetrieelementes. Weiterhin wird dieser Standpunkt umständlich besprochen.

Dass die Symmetrieebenen und Symmetrieachsen als Symmetrieelemente nur auf eine Weise, ganz eindeutig, aufzufassen sind, ist nicht weiter zu besprechen. Was aber die zusammengesetzte Symmetrie anbetrifft, so kann dieselbe ihrem Wesen nach auf verschiedene Weise aufgefasst werden.

Nach einer Auffassung ist dieselbe als ein Symmetrieelement die gleichzeitige Combination einer Symmetrieaxe und einer Symmetrieebene. Dabei

---

1) Ich habe schon mehrfach darauf aufmerksam gemacht, dass der Begriff des Inversionscentrums sogar nicht der Symmetrielehre, sondern der Aehnlichkeitslehre angehört und in geschichtlicher Hinsicht unermesslich älter ist, als die Symmetrielehre selbst. Das »Symmetriecentrum« ist aber in der Symmetrielehre ein ganz anderer, durch kein anderes Wort zu ersetzender Begriff, und für einen Autor in diesen speciellen Fragen ist es ganz unentbehrlich, sehr oft mit diesem Worte und Begriffe zu operiren.

lässt sich beweisen, dass die Ebene der zusammengesetzten Symmetrie zur Axe derselben nur senkrecht stehen kann. Da aber eine Symmetrieebene auch allein auftreten kann, so ist dieser Begriff durch keine neu eingeführten, mehr oder weniger willkürlichen Begriffe complicirt.

Nach einer anderen Auffassung benutzt man hierzu ein neues Symmetrieelement, das »Inversionscentrum«. Bei dieser Auffassung giebt es also ebenso Symmetrieelemente dreierlei Art: Symmetriearien, Inversionscentrum und zusammengesetzte Symmetrie. Die Symmetrieebene ist bei dieser Auffassung kein Symmetrieelement mehr, sondern der einfachste Fall der zusammengesetzten Symmetrie, und zwar der der zweizähligen Axe der zusammengesetzten Symmetrie.

Diese Auffassung stimmt mit der vorigen für die Fälle der  $4p$ -zähligen Axen der zusammengesetzten Symmetrie überein und unterscheidet sich davon in den Fällen der  $2p$ -zähligen Axen der zusammengesetzten Symmetrie ( $p$  = ungerade Zahl). Für die letzten Fälle haben wir der vorigen Auffassung gemäss die einfache Combination einer  $p$ -zähligen Symmetriearie mit einer dazu senkrechten Symmetrieebene, und keine zusammengesetzte Symmetrie.

Von abstractem Standpunkte aus sind die beiden Auffassungen gleichberechtigt.

Von dem Standpunkte der bildlichen Vorstellung im Geiste scheint mir unzweifelhaft die erste Auffassung den Vorzug zu verdienen, da es nicht individuelle, sondern allgemeine Eigenschaft des Menschen ist, die Spiegelung in der Symmetrieebene sich einfacher vorzustellen, als die Inversion. Stelle man sich z. B. die sechszählige Axe der zusammengesetzten Symmetrie vor, so kommt man anstatt zu der leicht fasslichen Combination der dreizähligen Symmetriearie mit einer dazu senkrechten Symmetrieebene zu einer complicirteren Vorstellung, welche sogar für einen geübten Geist nicht ohne Anstrengung zu Stande kommt.

Dasselbe gilt auch für die graphische Darstellung derselben und anderer Symmetriearien. Anstatt der sehr anschaulichen Combination der Symmetriearie und Symmetrieebene müssen wir jetzt die sechszählige Axe der zusammengesetzten Symmetrie zeichnen. In anderen Fällen müssen wir noch ein Zeichen für das Inversionscentrum besitzen.

Endlich kommen die Vorzüge der vorigen und Nachtheile der zuletzt betrachteten Auffassung noch schärfer zum Ausdrucke bei der analytischen Darstellung durch Gleichungen.

Nach voriger Auffassung besitzen wir für die (zur Axe  $x_2$  senkrechte) Symmetrieebene den Ausdruck:  $x_1 = a_1$ ;  $x_2 = \pm a_2$ ;  $x_3 = a_3$ , oder  $x_1 = a_1$ ;  $x_2 = n^k a_2$ ;  $x_3 = a_3$ , wo  $n = -1$  und  $k$  eine Zahl 0 oder 1 ist, und für das Inversionscentrum:  $x_1 = n^k a_1$ ;  $x_2 = n^k a_2$ ;  $x_3 = n^k a_3$ .

Der jetzt betrachteten Auffassung gemäss muss die zweite Gleichung

das Element, also das einfachste Ding, ausdrücken, während die erste, einfachere Gleichung die Combination desselben Elementes mit der Symmetrieaxe darstellen muss.

Daraus ersieht man am besten, dass der Nachtheil der anderen Auffassung darin besteht, dass man für das einfachste Ding das complicirtere annimmt, und umgekehrt das einfachste Ding als eine Combination der complicirteren Dinge unter sich auffasst.

Um diese Anomalie der betreffenden Auffassung noch klarer hervortreten zu lassen, nehmen wir noch ein paar Beispiele.

Bei der ersten Auffassung wird eine  $2p$ -zählige Axe der zusammengesetzten Symmetrie durch die Gleichungen

$$y = n^\pi b; y_0 = b_\pi^{2p}; y_1 = b_{\pi+1}^{2p}$$

ausgedrückt; also die sechszählige Axe durch

$$y = n^\pi b; y_0 = b_\pi^6; y_1 = b_{\pi+1}^6,$$

und die Combination der dreizähligen Symmetrieaxe mit der dazu senkrechten Symmetrieebene durch:

$$y = n^\chi b; y_0 = b_v^3; y_1 = b_{v+1}^3$$

Dieselben Symmetriearten werden nach der anderen Auffassung resp. durch die Gleichungen

$$y = n^\pi b; y_0 = n^\pi b_\pi^{2p}; y_1 = n^\pi b_{\pi+1}^{2p}$$

$$y = n^\sigma b; y_0 = n^\sigma b_v^3; y_1 = n^\sigma b_{v+1}^3$$

$$y = n^\pi b; y_0 = n^\pi b_\pi^6; y_1 = n^\sigma b_{\pi+1}^6$$

ausgedrückt, in denen  $\pi$  der zusammengesetzten Symmetrie,  $v$  der (verticalen) Symmetrieaxe und  $\sigma$  dem Inversionscentrum (z. Symmetrieebene) entspricht.

Die rhomboprismatische Symmetrie wird durch

$$y = n^v b; z = n^\chi c; v = n^v d \quad \text{respective durch}$$

$$y = n^{v+\sigma} b; z = n^\sigma c; v = n^{v+\sigma} d \quad \text{ausgedrückt.}$$

In allen Fällen führt also die zweite Auffassung stets zu complicirteren und niemals zu einfacheren Resultaten. Ist das nicht genügend, um über die Vortheile resp. Nachtheile dieser beiden Auffassungen einen endgültigen Schluss zu fassen, und zwar zu Ungunsten der zweiten?

Jedenfalls kann die zweite Auffassung den Standpunkt Bravais' und seine Symmetrieelemente nicht aufrecht erhalten; was falsch ist, das kann durch keine Complication richtig gemacht werden.

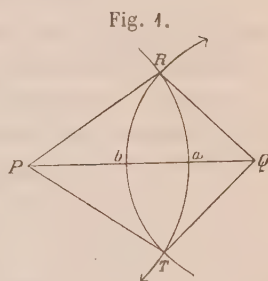
Die vorhergehenden Betrachtungen haben uns also zu dem Schlusse geführt: a) dass es ganz unmöglich erscheint, die Symmetrieebenen und deren zusammengesetzte Combinationen allein als Symmetrieelemente zu betrachten, und b) dass die Auffassung der Symmetrieaxen, Symmetrie-

ebenen und der zusammengesetzten Symmetrie als Symmetrieelemente in jeder Hinsicht derjenigen vorzuziehen ist, nach welcher Symmetrieebenen, Inversionscentrum und zusammengesetzte Symmetrie (anders definiert) die Symmetrieelemente sind. Der letzte Schluss verstärkt sich noch mehr durch die Versuche, die Symmetrieebenen in den Vordergrund treten zu lassen.

Jetzt wollen wir die Frage über die zulässigen primitiven Symmetrieelemente der vollständigen Combination (für eine Symmetrieart) näher studiren.

Im Grunde aller Betrachtungen dieser Art steht der Euler'sche Satz über die Zusammensetzung der Drehbewegungen. Da ich aber den Beweis dieses Satzes, trotz seiner grundlegenden Bedeutung, in keinem krystallographischen Werke treffe, trotz der Einfachheit dieses Beweises, so erlaube ich mir hier denselben in der speciellen Form zu reproduciren, wie derselbe stets in der Krystallographie zur Anwendung kommt.

Es sei (Fig. 4)  $P$  der Polpunkt einer und  $Q$  der einer anderen unabhängigen Symmetrieeaxe (auf der Sphäre). Nun ist selbstverständlich, dass die zusammengesetzte Drehung, um die charakteristischen Winkel der beiden Axen zugleich, sich von den einzelnen Drehbewegungen unterscheidet; diese zusammengesetzte Drehung muss als eine Drehung um eine dritte resultirende Axe  $R$  aufgefasst werden. Der Drehsinn sei durch Pfeile angedeutet.



Bei der Drehung um  $P$  muss der Punkt  $R$  auf der Sphäre einen Kleinkreis  $RaT$  beschreiben, für welchen  $P$  das Centrum ist. Ist  $R$  wirklich der Polpunkt der resultirenden Axe, so muss die zweite Drehung um  $Q$  denselben Punkt an seine anfängliche Stelle zurückführen. Da aber bei dieser zweiten Drehung der Punkt einen Kleinkreis beschreibt, dessen Centrum  $Q$  ist, so muss derselbe Punkt sich auf dem Kleinkreise  $RbT$  befinden. Der Punkt muss also zugleich beiden Kleinkreisen angehören. Da aber die letzteren nur zwei Punkte gemein haben, von welchen einer der Punkt  $R$  ist, so kann der zweite Punkt nur der Punkt  $T$  sein.

Sind also ausschliesslich die Lagen der unabhängigen Symmetrieebenen (resp. die von ihnen gebildeten Winkel) bekannt, so werden dadurch auch die elementaren Drehungswinkel  $RPT$  und  $RQT$  eindeutig und streng bestimmt. Somit besteht zwischen der Lage und der Zähligkeit zweier Symmetrieebenen eine sehr einfache Relation. Ist die Axe  $P$   $p$ -zählig und die Axe  $Q$   $q$ -zählig, so ist der Winkel  $RPT$  gleich  $2\pi/p$ , und der Winkel  $RQT$  gleich  $2\pi/q$ ; folglich sind in dem sphärischen Dreieck  $PQR$  der Winkel  $RPQ$  gleich  $\pi/p$  und der Winkel  $PQR$  gleich  $\pi/q$ .



Wollen wir jetzt zu beiden Bewegungen um  $P$  und um  $Q$  noch eine dritte Bewegung um  $Q$  hinzufügen mit demselben Drehungswinkel, aber in der entgegengesetzten Richtung, so wird natürlich dadurch die Drehbewegung um  $Q$  eliminirt, und es bleibt nur die Drehbewegung um  $P$  übrig. Aber dieselben drei Drehbewegungen können wir als die zusammengesetzte Drehbewegung um  $R$  (die resultirende der beiden ersten Bewegungen) und die Drehbewegung um  $Q$  (in entgegengesetzter Richtung) auffassen, und erhalten als resultirende Symmetrieaxe die Axe  $P$ . Daraus schliessen wir, dass auch der Winkel  $PRQ$  der charakteristische für die Axe  $R$  ist. Ist die Zähligkeit derselben  $r$ , so ist dieser Winkel gleich  $\pi/r$ .

Natürlich ist mit demselben Rechte auch die Axe  $T$  als die resultirende aufzufassen. Für dieselbe ist entweder die Drehung um  $Q$  als die erste und die Drehung um  $P$  als die zweite vorauszusetzen oder die beiden Drehungen entgegengesetzt anzunehmen.

Auf Grund dieses Satzes sind die Lagen zweier unabhängiger Symmetrieaxen ganz genügend, um die betreffende Art der Decksymmetrie vollständig zu bestimmen. Die Frage kann auf graphischem Wege mittelst Construction<sup>1)</sup> der sphärischen Dreiecke gelöst werden. Die Symmetriegrösse lässt sich noch einfacher finden. Dazu braucht man nur die Grösse des Trionoëders  $PQR$  zu bestimmen. Dieselbe ist aber bekanntlich

$$G = \frac{1}{2} \left( \frac{\pi}{p} + \frac{\pi}{q} + \frac{\pi}{r} \right) - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} \left( \frac{1}{p} + \frac{1}{q} + \frac{1}{r} - 1 \right).$$

Also die Symmetriegrösse  $S$

$$S = \pi/G = \frac{2}{\frac{1}{p} + \frac{1}{q} + \frac{1}{r} - 1}.$$

Z. B. für die Symmetrie des Quarzes haben wir  $p = 3$ ,  $q = 2$ ,  $r = 2$ ; folglich  $S = 6$ .

Für die Symmetrie des Bertholet'schen Salzes ist  $p = 3$ ,  $q = 3$ ,  $r = 2$ ; folglich  $S = 12$  u. s. w.

Ist keine Symmetrie vorhanden, so sind  $p = 1$ ,  $q = 1$ ,  $r = 1$ ; folglich  $S = 1$ .

Wir können natürlich auch die Symmetrieaxen mit Symmetrieebenen sich zusammensetzen lassen. Ist die Symmetrieaxe zur Symmetrieebene senkrecht, so kann das resultirende Symmetrieelement als zusammengesetzte Symmetrie aufgefasst werden. Sind dieselben aber untereinander

1) Bei dieser Construction ist aber vorausgesetzt, dass die Winkel  $RPT$  und  $RQT$  kleiner sind als  $\pi$ ; folglich kommt dieselbe nur für den Fall der mehr als zweizähligen Symmetrieaxen zur Anwendung. Falls eine Axe, z. B.  $Q$ , zweizählig ist, wird der Kleinkreis  $RQT$  zu einem Grosskreise, welcher durch  $Q$  hindurchgeht, und die Axe  $P$  muss also zur Axe  $Q$  senkrecht stehen.

nicht senkrecht, so kann das Resultat der Zusammensetzung durch kein Symmetrieelement vertreten werden. Sind trotzdem eine Symmetrieebene und eine zu ihr nicht senkrechte Symmetrieaxe als unabhängige Symmetrieelemente gegeben, so wird dadurch die Symmetrieart eindeutig bestimmt; und zwar erhalten wir infolge der Spiegelung in der Symmetrieebene sogleich eine andere Symmetrieaxe, und dann bestimmen die beiden Axen nach oben Gesagtem die Symmetrieart eindeutig; nur müssen noch die Symmetrieebenen in Betracht gezogen werden. Dadurch wird auch die Symmetriegrösse verdoppelt.

Ist die Zähligkeit der Symmetrieaxe bekannt, so lässt sich dasselbe Resultat durch Drehung der Symmetrieebene um den für die Axe charakteristischen Winkel erzielen, indem der Winkel zwischen den Symmetrieebenen eindeutig die Zähligkeit der Symmetrieaxe bestimmt, welche als Schnittgerade der Symmetrieebenen entsteht.

Endlich setzen sich zwei, einander unter dem Winkel  $\pi/p$  schneidende Symmetrieebenen einem bekannten Satze zufolge zu einer  $p$ -zähligen Symmetrieaxe zusammen.

Auch lässt sich die zusammengesetzte Symmetrie mit anderen Symmetrieelementen zusammensetzen. Aber in der Frage der Bestimmung der Symmetriearten durch zwei unabhängige Symmetrieelemente spielt diese Zusammensetzung keine Rolle, da entweder eine Axe der zusammengesetzten Symmetrie für sich allein die Symmetrieart bestimmt, oder die letztere durch entsprechende Symmetrieebenen und Symmetrieaxen eindeutig bestimmt werden kann.

Welche zwei Symmetrieelemente aber auch als unabhängige und die Symmetrieart bestimmende angenommen werden, immer wird dadurch eine Gesamtheit von resultirenden Symmetrieelementen bestimmt, welche die betreffende Symmetrieart eindeutig charakterisirt. Dabei können wir die unmittelbar abzuleitenden resultirenden Symmetrieelemente und solche, welche schon mit Hülfe der letzteren abzuleiten sind, zur Anwendung bringen.

Um sich von der erhaltenen Symmetrieart ganz klare Einsicht zu verschaffen, ist jetzt nöthig, unter der Gesamtheit der Symmetrieelemente die primitiven auszuwählen. Bei dieser Auslese sind folgende Sätze maassgebend und leitend.

**Satz 4.** Das Product der Zähligkeit der primitiven Symmetrieelemente ist der Symmetriegrösse gleich.

Dieser Satz ist schon oben bewiesen worden, indem dort gezeigt wurde, dass die Zähligkeit der primitiven Axen der Zähligkeit der entsprechenden Parameter der Gleichungen der Symmetrie entspricht, und nun geben diese Gleichungen die Zahl der symmetrisch-gleichen Richtungen, welche dem Producte der Zähligkeit der Parameter gleich ist.

Satz 2. Sämmtliche Symmetrieelemente der gegebenen Symmetrieart sind die, unmittelbar aus den primitiven abzuleitenden, resultirenden Symmetrieelemente.

Jeder symmetrischen Deckbewegung entspricht in den Gleichungen der Symmetrie die Aenderung der Zahl eines oder verschiedener Parameter. Da aber jede solche Aenderung, einzeln genommen, einer einem primitiven Symmetrieelemente zugehörenden Deckbewegung entspricht, andererseits aber jede zusammengesetzte Deckbewegung einem Symmetrieelemente entspricht, welches durch keinen Parameter in den Gleichungen vertreten ist, so kann dasselbe nur unmittelbar durch eine Anzahl der symmetrischen, den primitiven Elementen gehörenden Deckbewegungen abgeleitet werden.

Satz 3. Unter den primitiven Symmetrieelementen können sich keine solchen befinden, welche aus anderen primitiven resultiren können.

Wäre dies der Fall, so würden solche nichts Neues mit sich bringen, und sämmtliche andere Symmetrieelemente, damit aber auch andere symmetrische Deckbewegungen könnten durch primitive Symmetrieelemente ohne Zuhülfenahme des betreffenden abgeleitet werden. Da aber die Anzahl dieser Deckbewegungen, zugleich also die Symmetriegrösse, dem Producte der Zähligkeiten der primitiven Symmetrieelemente gleich ist, so ist eine solche Annahme unzulässig, da durch Beseitigung eines primitiven Symmetrieelementes auch die Symmetriegrösse um die entsprechende Anzahl vermindert wird, und folglich nicht alle  $S$  symmetrische Deckbewegungen zu Stande kommen können.

Diese Sätze mögen genügen, um die Auswahl der primitiven Symmetrieelemente überhaupt und die beste im Besonderen vollziehen zu können.

Zuerst wollen wir uns der Betrachtung der Decksymmetriearten zuwenden.

Unter diesen sind wieder die Symmetriearten der unendlichen Reihen und dann die der regulären geometrischen Systeme besonders zu untersuchen.

Für die Symmetriearten der Reihensysteme ist nur ein Fall einer (verticalen)  $p$ -zähligen Symmetrieaxe und  $p$  zu ihr senkrechter (horizontaler) zweizähliger Symmetrieaxen zu besprechen.

Die Symmetriegrösse  $S = 2p$ , wo  $p$  eine ungerade wie auch eine gerade Zahl sein kann. In dem ersten Falle ist natürlich nur eine einzige Annahme zulässig: die primitiven Axen müssen eine  $p$ -zählige und eine zweizählige Axe sein. In dem zweiten Falle entsteht eine Zweideutigkeit. Wenn z. B.  $p = 2^k \cdot q$ , so ist es möglich, als primitive Axen eine  $q$ -zählige und ausser der einen erwähnten noch  $k$  zweizählige Axen anzunehmen. Dass dies wirklich annehmbar ist, ist sehr leicht auf constructionellem Wege einzusehen. Die letzte Annahme erscheint aber in dem Sinne nicht empfehlenswerth, dass dadurch die Allgemeinheit gebrochen wird, und jeder

specielle Fall wäre dann besonders zu besprechen und die Möglichkeiten zu erwägen, was durch die allgemeine Annahme der  $p$ - und zweizähligen Axen ganz vermieden wird.

Der Deutlichkeit wegen besprechen wir einen Fall näher, z. B. den der Symmetrie des Quarzes. Für diesen ist  $p = 3$ , also der Parameter  $v$  dreizählig, und zwar ist  $v$  gleich 0, 1 und 2 zu setzen; erhält man  $v = 3$ , so ist dies mit  $v = 0$  identisch (Formel:  $y = n^h b$ ;  $y_0 = b_v$ ;  $y_1 = b_{v+n^h}$ ).

Nehmen wir also einen Punkt:  $y = b$ ,  $y_0 = b_0$ ,  $y_1 = b_1$ . Die Drehung um die verticale Axe allein ergibt daraus drei Punkte, und zwar noch:

$$y = b; y_0 = b_1; y_1 = b_2$$

$$\text{und } y = b; y_0 = b_2; y_1 = b_0.$$

Die Coordinate  $b_2$ , welche nicht von vornherein gegeben ist, lässt sich aber sehr leicht nach der allgemeinen Formel

$$y_2 \triangle = y \sin(y_2 y_0 y_1) + y_0 \sin(y y_2 y_1) + y_1 \sin(y y_0 y_2)$$

berechnen, wo  $\sin(abc)$  die Sinusfunction des Trigonoëders  $(abc)$  bezeichnet, und  $\triangle = \sin(y y_0 y_1)$ . Die Axen  $y_0$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  sind drei horizontale, einander unter dem Winkel  $120^\circ$  schneidende Coordinatenachsen, und die Axe  $y$  ist die verticale. Folglich:

$$\begin{aligned} \triangle = \sin(y y_0 y_1) &= \sin(120^\circ) \cos(0^\circ) = \sin(60^\circ) \\ \sin(y_2 y_0 y_1) &= \sin(120^\circ) \cos(90^\circ) = 0 \\ \sin(y y_2 y_1) &= -\sin(120^\circ) \cos(0^\circ) = -\sin(60^\circ) \\ \sin(y y_0 y_2) &= -\sin(120^\circ) \cos(0^\circ) = -\sin(60^\circ). \end{aligned}$$

Also  $y_2 = -(y_0 + y_1)$ , auch  $b_2 = -(a_0 + a_1)$ .

Für die Drehung um die gegebenen, primitiven, zweizähligen Symmetrieachsen müssen wir  $v = 0$ ,  $h = 1$  setzen.

Also erhalten wir den Punkt  $y = -b$ ;  $y_0 = b_0$ ;  $y_1 = b_2$ .

Für die Drehung um eine andere zweizählige Symmetrieaxe setzen wir  $v = 1$ ,  $h = 1$  und erhalten den Punkt

$$y = -b; y_0 = b_1; y_1 = b_0.$$

Endlich für die Drehung um die dritte, übrig bleibende, zweizählige Symmetrieaxe setzen wir  $v = 2$ ,  $h = 1$  und erhalten den Punkt

$$y = -b; y_0 = b_2; y_1 = b_1.$$

Somit sind mit voller Klarheit sämtliche symmetrische Drehbewegungen ebenso wie die resultirenden Symmetrieachsen hervorgetreten.

Was speciell das digonale System betrifft, so sind diese allgemeinen Gleichungen der Symmetrie nicht mehr zutreffend und sind durch Gleichungen anderer Form zu ersetzen.

Für den Fall der Symmetrie des Bittersalzes (der rhombosphenooëdrischen) erhalten wir, wenn wir als primitive Symmetrieachsen eine verticale mit dem



Parameter  $v$  und eine horizontale mit dem Parameter  $h$  nehmen, die Gleichungen

$$y = n^h b; z = n^v c; v = n^{h+v} d,$$

wo  $y$  die verticale Coordinatenaxe und  $z$  diejenige horizontale Axe ist, welche zugleich zweizählige Symmetrieaxe ist.

Diese Gleichungen lassen aus einem gegebenen Punkte:  $y = b; z = c; v = d$  noch folgende drei ableiten:

Für die Drehung um die verticale Axe  $v$  setzen wir  $v = 1, h = 0$ ; also  $y = b; z = -c; v = -d$ .

Für die Drehung um die horizontale Axe  $h(z)$  setzen wir  $v = 0, h = 1$ ; also  $y = -b; z = c; v = -d$ .

Endlich für die Drehung um die resultirende (horizontale) Axe setzen wir  $v = 1, h = 1$  und erhalten den Punkt

$$y = -b; z = -c; v = d.$$

Unter den Decksymmetriearten der regulären Systeme sind nur zwei in Betracht zu ziehen, und zwar die tetartoëdrische (trigonalpentagonoëdrische) und die gyroëdrische (tetragonalpentagonoëdrische).

Die Symmetriegrösse für die erste ist  $12 = 2 \cdot 2 \cdot 3$ .

Also schliessen wir direct, dass sich unter den primitiven Symmetriearien eine dreizählige und zwei zweizählige Symmetrieaxen befinden müssen; in der Auswahl bleibt also keine Willkür resp. kein Belieben.

Die Symmetrie wird durch die Gleichungen

$$x_0 = n^v a_0^3; x_1 = n^{h+v} a_{0+1}^3; x_2 = n^h a_{0+2}^3 \quad \text{ausgedrückt.}$$

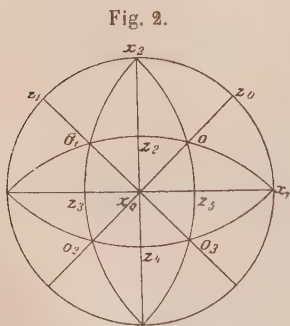
Hier bezieht sich der Parameter  $o$  auf die dreizählige Symmetrieaxe und ist selbst dreizählig. Der Parameter  $v$  bezieht sich auf die zweizählige verticale Axe  $x_2$ , und der Parameter  $h$  auf die zweizählige horizontale Axe  $x_0$ .

Die resultirende dritte Axe  $x_1$  kommt zum Vorschein, wenn man  $v = 1, h = 1$  setzt, und dabei  $o = 0$  (Fig. 2).

Die anderen resultirenden Axen sind die dreizähligen Symmetrieaxen  $o_1, o_2$  und  $o_3$ . Jeder derselben gehören je zwei ergänzende Drehbewegungen an, zusammengenommen sechs Bewegungen, welche durch die Voraussetzungen:

$$\begin{array}{ll} o = 1; & 1) v = 1, h = 0; \quad 2) v = 0, h = 1; \quad 3) v = 1; \quad h = 1 \\ o = 2; & 4) v = 1, h = 0; \quad 5) v = 0, h = 1; \quad 6) v = 1; \quad h = 1 \end{array}$$

sich zu Stande bringen lassen. Für diese sechs Punkte erhalten wir also folgende Coordinaten:



- 1)  $x_0 = -a_1$ ;  $x_1 = -a_2$ ;  $x_2 = a_0$ ; 2)  $x_0 = a_1$ ;  $x_1 = -a_2$ ;  $x_2 = -a_0$ ;  
 3)  $x_0 = -a_1$ ;  $x_1 = a_2$ ;  $x_2 = -a_0$ ; 4)  $x_0 = -a_2$ ;  $x_1 = -a_0$ ;  $x_2 = a_1$ ;  
 5)  $x_0 = a_2$ ;  $x_1 = -a_0$ ;  $x_2 = -a_1$ ; 6)  $x_0 = -a_2$ ;  $x_1 = a_0$ ;  $x_2 = -a_1$ .

Daraus ersieht man leicht, dass die Punkte 1 und 5 zu den Drehbewegungen um die Axe  $o_1$ , die Punkte 3 und 4 zu denselben um die Axe  $o_2$  und die Punkte 2 und 6 zu denselben um die Axe  $o_3$  gehören.

Die Symmetriegrösse der gyroëdrischen Symmetrie ist  $24 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 = 2 \cdot 3 \cdot 4$ . Daraus ist ersichtlich, dass die Auswahl der primitiven Axen nicht mehr eindeutig ist; nur das Eine steht von vornherein fest, dass eine und nur eine dieser Axen die dreizählige Symmetrieaxe sein muss.

Und in der That ist ganz augenscheinlich, dass für diese Axen wir z. B. die Axe  $o$  und zwei Axen  $x$  nehmen können, und dann ist ganz beliebig als die vierte primitive Symmetrieaxe eine der Axen  $z$  auszuwählen, oder ausser der Axe  $o$  können wir eine der zu ihr senkrechten Axen  $z_1$ ,  $z_3$  oder  $z_4$  wählen; als resultirende Axen erhalten wir alle drei, und nur dieselben; dann bleibt noch übrig, unter den anderen Axen eine vierzählige oder zwei zweizählige auszuwählen. Dass die erste Auswahl gut zulässig ist, ersieht man schon daraus, dass, wenn wir umgekehrt zuerst eine vierzählige Axe  $x_0$  und eine zu ihr senkrechte zweizählige Axe  $z_0$  oder  $z_1$  auswählen, und dann diesen Symmetrieelementen noch eine beliebige dreizählige Symmetrieaxe hinzufügen, wir die vollständige Combination erhalten.

Bei der letzten Auffassung können wir zwei Unterfälle unterscheiden, und zwar denjenigen, für welchen die zur Axe  $o$  und vierzähligen Axe  $x$  heizugebende Axe eine der zur Axe  $x$  senkrechten Axen  $x$  oder  $z$  ist.

Nun ist leicht zu beweisen, dass allein eben diese beiden Auffassungen zulässig sind.

Dieselben haben gemein, dass ausser der Axe  $o$  eine der Axen  $x$  als eine zweizählige primitive Axe angenommen wird, und gerade diese Annahme erscheint als eine nothwendige. Wäre dem nicht so, so hätten wir ausser  $o$  drei der Axen  $z$  als die primitiven auswählen müssen. Dabei kann unter ihnen nur eine zu  $o$  senkrechte Axe sein, die anderen zwei erweisen sich als die resultirenden; bei dieser Annahme erscheint es nothwendig, wenigstens zwei zur Axe  $o$  schief stehende Axen als die primitiven auszuwählen. Dies ist aber auf Grund des Satzes 3 unmöglich, da aus denselben bei der Zusammensetzung der resultirenden Axen (was sehr einfach auf graphischem Wege vor sich geht) die dritte schiefe Axe  $z$  ebenso wie eine der senkrechten Axen  $z$  entsteht. Es ist also ganz unentbehrlich, eine der Axen  $x$  und zwar mindestens als eine zweizählige primitive Axe zu wählen.

Nehmen wir dieselbe als eine vierzählige Symmetrieaxe, so erhalten wir die zweite Annahme.

Nehmen wir dieselbe als eine zweizählige Axe und fügen hierzu

beliebig eine der Axen  $z$ , so kommen wir zur ersten Annahme, und dabei wird nothwendig, noch die zweite Axe  $x$  als eine zweizählige hinzuzufügen.

Die letzte mögliche Voraussetzung ist die Annahme zweier zweizähliger Axen  $x$ , und diese erscheint mit der vorigen identisch.

Für die gyroëdrische Symmetrieart sind also zwei und nur zwei wesentlich verschiedene Annahmen zulässig:

1) die primitiven Axen sind ausser der Axe  $o$  eine vierzählige Axe  $x$  und eine beliebige zu derselben senkrechte zweizählige Axe  $x$  oder  $z$ ;

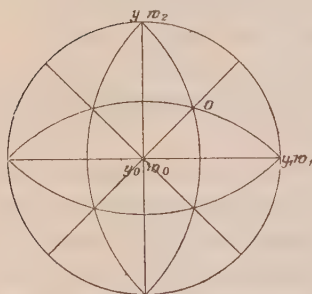
2) die primitiven Axen sind ausser der Axe  $o$  zwei zweizählige Axen  $x$  und eine beliebige Axe  $z$ .

Glücklicherweise lässt sich auch auf die Frage, welcher von diesen beiden Auffassungen der Vorzug zu geben ist, eine bestimmte Antwort erhalten.

Nehmen wir der zweiten Auffassung gemäss als die primitiven Axen die zweizählige Axe  $x_2$  mit dem Parameter  $v$ , die Axe  $x_0$  mit dem Parameter  $h$  und die Axe  $z_5$  mit dem Parameter  $d$  und für die dreizählige primitive Symmetrieaxe die Axe  $o$ , so erhalten wir als die Gleichungen dieser Symmetrieart:

$$x_0 = n^v a_0^3; \quad x_1 = n^{h+v} a_{0+n}^3; \quad x_2 = n^{h+d} a_{0+2n}^3, \quad (A)$$

Fig. 3.



aus welchen die zugehörige Gesamtheit der Coordinaten am einfachsten zu ersehen ist.

Wenden wir uns jetzt der ersten Auffassung zu und nehmen als die primitiven Symmetrieachsen die verticale vierzählige Axe  $y$  mit dem Parameter  $v$ , die zweizählige horizontale Symmetrieaxe  $y_0$  mit dem Parameter  $h$ , und die dreizählige Axe  $o$  mit dem Parameter  $t$  (Fig. 3), so kommen wir zu den entsprechenden Symmetriegleichungen auf Grund folgender Formel:

$$(1) \quad y = n^h b; \quad y_0 = b_v^4; \quad y_1 = b_{v+n}^4$$

und, indem wir in Bezug auf die Axe  $o$  die Axe  $y_0$  als die Coordinatenaxe  $w_0$ , die Axe  $y_1$  als  $w_1$  und die Axe  $y$  als  $w_2$  bezeichnen, so erhalten wir ferner:

$$(2) \quad w_0 = w_t^3; \quad w_1 = w_{t+1}^3; \quad w_2 = w_{t+2}^3.$$

Nun aber haben wir noch:

$$\begin{aligned} y, \sin(y y_0 y_1) &= y \sin(y_v y_0 y_1) + y_0 \sin(y y_v y_1) + y_1 \sin(y y_0 y_v) \\ &= 0 + y_0 \sin(y_v y_1) + y_1 \sin(y_0 y_v) \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} w_t \sin(w_0 w_1 w_2) &= w_0 \sin(w_l w_1 w_2) + w_1 \sin(w_0 w_l w_2) + w_2 \sin(w_0 w_1 w_l) \\ &= w_t = w_0 \cos(w_l w_0) + w_1 \cos(w_l w_1) + w_2 \cos(w_l w_2) \\ &= y_0 \cos(w_t y_0) + y_1 \cos(w_t y_1) + y \cos(w_t y) \\ &= \overset{4}{b}_v \cos(w_t y_0) + \overset{4}{b}_{v+n^h} \cos(w_t y_1) + n^h b \cos(w_t y). \end{aligned}$$

Schliesslich haben wir also

$$\begin{aligned} y_0 = w_0 &= \overset{4}{b}_v \cos(\overset{3}{w}_l y_0) + \overset{4}{b}_{v+n^h} \cos(\overset{3}{w}_l y_1) + n^h b \cos(\overset{3}{w}_l y) \\ y_1 = w_1 &= \overset{4}{b}_v \cos(\overset{3}{w}_{l+1} y_0) + \overset{4}{b}_{v+n^h} \cos(\overset{3}{w}_{l+1} y_1) + n^h b \cos(\overset{3}{w}_{l+1} y) \quad (B) \\ y = w_2 &= \overset{4}{b}_v \cos(\overset{3}{w}_{l+2} y_0) + \overset{4}{b}_{v+n^h} \cos(\overset{3}{w}_{l+2} y_1) + n^h b \cos(\overset{3}{w}_{l+2} y). \end{aligned}$$

Die Gleichungen (B) sind dem Wesen nach mit den Gleichungen (A) identisch und lassen sich leicht in dieselben transformiren<sup>1)</sup>, indem wir die Parameter entsprechend verändern; aber dieselben sind unzweifelhaft von complicirter Form.

Auf die Formeln der Symmetrieanalyse fussend, kommen wir also zu dem eindeutigen Schlusse, dass für die gyroëdrische Symmetrieart die einfachste Auffassung diejenige ist, nach welcher als die primitiven Symmetrieelemente ausser der dreizähligen Axe  $o$  noch zwei zweizählige Axen  $x$  und eine der Axen  $z$  angenommen werden.

Die Symmetriegleichungen für die pentagonal-pentagonoëdrische Symmetrieart, als viel complicirtere wie die eben besprochenen und auch als solche, welche in der Krystallographie keine Anwendung finden, lassen wir bei Seite.

Jetzt müssen wir diejenigen Symmetriearten näher betrachten, welche ausser durch Symmetriearien noch durch die directe Symmetrie sich kennzeichnen.

Es ist von Anfang an leicht, zum Schlusse zu kommen, dass hier ein grosses Feld des Beliebens resp. willkürlicher Auswahl der primitiven Symmetrieelemente vorliegt.

Nun glaube ich, ohne weitgehende Besprechung als selbstverständlich angeben zu können, dass, wenn eine zweizählige Axe der zusammengesetzten Symmetrie (also Inversionscentrum) als nicht alleiniges Symmetrieelement vorliegt, es einfacher ist, dieselbe immer unter den resultirenden bleiben zu lassen.

Gerade umgekehrt, wenn eine  $2p$ -zählige Axe der zusammengesetzten Symmetrie ( $p > 1$ ) vorliegt, und dabei dieselbe nicht zugleich eine  $2p$ -zählige Symmetriearie ist, so ist es einfacher und naturgemässer, dieselbe

<sup>1)</sup> Man beachte, dass von den drei Winkeln  $(w_t y_0)$ ,  $(w_t y_1)$ ,  $(w_t y)$  zwei rechte sind und einer gleich Null ist. Bei der Auflösung der Gleichungen bleibt also in dem zweiten Theile jeder Gleichung nur je ein Glied.



unter die primitiven Symmetrieelemente zu stellen, da dadurch nicht nur die einfachsten Symmetriegleichungen zum Vorschein kommen, sondern auch aus den Formeln selbst die Zugehörigkeit der Symmetrieart zu dem geometrischen Symmetriesysteme am anschaulichsten hervorgeht.

Dadurch ist an Einheitlichkeit viel gewonnen, aber noch nicht dieselbe endgültig erzielt. Es bleibt noch viel dem Belieben Raum, die zweizähligen Symmetrieachsen resp. die Symmetrieebenen als die primitiven anzunehmen.

Nehmen wir z. B. als den einfachsten Fall denjenigen der rhombopyramidalen Symmetrie an.

Für diesen Fall sind zwei und nur zwei Annahmen zulässig: entweder

a) die primitiven Symmetrieelemente sind zwei zu einander senkrechte Symmetrieebenen, oder b) dieselben sind eine Symmetrieebene und eine zweizählige Symmetrieaxe.

Der ersten Auffassung gemäss erhalten wir als Symmetriegleichungen

$$y = n^{\varphi_1} b; \quad z = n^{\varphi_2} c; \quad v = d.$$

Der zweiten Auffassung gemäss erhalten wir aber

$$y = n^{\varphi+v} b; \quad z = n^v c; \quad v = d.$$

Ersetzt man in den letzteren Gleichungen  $\varphi + v$  durch  $\varphi_1$ , so wird  $v = \varphi_1 - \varphi = \varphi_2$ , und wir kommen zu den ersten. Der Form nach sind die ersten Gleichungen etwas einfacher und in dieser Hinsicht den zweiten vorzuziehen. Beachtet man aber, dass der einfachste Gang der elementaren Darlegung der Symmetriellehre derjenige ist, für welchen zuerst eine vollständige Ableitung der Decksymmetriearten ausgeführt wird, und dann die Untersuchung folgt, auf welche Weise den so erhaltenen Combinationen die Symmetrieebenen sich einschieben lassen, so kann man die zweiten Gleichungen vorziehen; in denselben ersieht man unmittelbar diejenigen Symmetrieachsen, welche vorerst abgeleitet wurden, und nach der vorigen Untersuchung als die primitiven Symmetrieelemente ausgewählt wurden.

Stellen wir uns einmal auf diesen Standpunkt, so wird die weitere Besprechung ganz überflüssig, und die Einheitlichkeit wird durch dieses Princip festgestellt. In der That, sämtliche andere Symmetriearten (also ausser denjenigen, für welche  $2p$ -zählige Axen der zusammengesetzten Symmetrie vorhanden sind und dabei keine  $2p$ -zählige Symmetrieachsen, wo  $p > 1$ ) lassen sich aus den Decksymmetriearten durch einfache Einschiebung einer, und dabei beliebig angenommenen, Symmetrieebene ableiten. Dem Belieben bleibt also kein weiteres Feld mehr<sup>1)</sup>.

Ich erlaube mir zum Schlusse, die Hoffnung auszusprechen, dass diese Studie zu der gewünschten Einheitlichkeit in der Auffassung der Symmetriellehre beitragen wird. Wenigstens war dies der Zweck dieser Arbeit.

1) Auf Grund der eben entwickelten Principien wurden die Symmetriegleichungen der krystallographischen Symmetriearten in der Tabelle Bd. 24 dieser Zeitschr. S. 220 aufgestellt.

## XXIV. Versuch einer Theorie der Thermodynamik der Krystalle.

Von

E. von Fedorow in Moskau.

(Hierzu 2 Textfiguren.)

---

Die Frage über die Gesetze der thermischen Ausdehnung scheint noch sehr wenig behandelt zu sein. Wir besitzen zwar eine Reihe von Abhandlungen mathematisch-speculativer ebenso wie experimenteller Art und haben im Grossen und Ganzen die Abhängigkeit zwischen Syngonie eines Krystalles und den Gesetzen seiner thermischen Ausdehnung erkannt, aber meines Wissens wurden bis jetzt keine Versuche angestellt, die Abhängigkeit dieser Gesetze von den Structurverhältnissen der Krystalle zu erkennen.

Jedenfalls sind wir dessen wohl bewusst, dass die Eigenschaft der thermischen Ausdehnung zu derjenigen Gruppe der physikalischen Eigenschaften gehört, welche durch das allgemeine Gesetz des Ellipsoids in ihrer Vertheilung bestimmt werden kann.<sup>1)</sup> Bei der thermischen Ausdehnung ist also die Aufgabe gestellt, die sogenannten drei thermischen Axen, diejenige der grössten, der mittleren und der kleinsten Ausdehnung, aufzufinden und die darauf bezüglichen Grössen der linearen Ausdehnung zu bestimmen.

Wir wissen ferner, dass bei der Aenderung des Krystallflächencomplexes durch die Erhöhung der Temperatur die Syngonie unberührt bleibt. Davon haben wir noch in dem Lehrbuche der Krystallographie von V. v. Lang treffliche Beweise finden können.

In einem Aufsatze von Herrn Fletcher<sup>2)</sup> sind mehrere Gesichtspunkte dargestellt, von welchen aus der Gegenstand geometrisch behandelt werden kann.

---

1) F. Neumann, Pogg. Ann. 1833, **27**, 240 ff. Auch C. Neumann, daselbst 1864, **114**, 492 ff.

2) Diese Zeitschr. **4**, 337.

Abgesehen von verschiedenen experimentellen Untersuchungen über die einaxigen und rhombischen Krystalle, für welche die thermischen Axen mit den krystallographischen zusammenfallen müssen, haben wir aber eine Reihe Untersuchungen über monokline und ausnahmsweise auch für triklone Krystalle, und gerade hier sind die näheren Angaben über die uns jetzt interessirende Frage der Abhängigkeit zwischen thermischer Ausdehnung und Krystallstructur zu suchen. Gerade hier gelangen wir in das Gebiet der homogenen Deformationen der Krystalle, und bekannterweise kann eine und dieselbe Deformation sehr verschiedenartig gedeutet werden.

Im Allgemeinen kann jede solche Deformation durch eine Reihe von Zügen (Ausdehnungen) und Schiebungen repräsentirt werden, und dabei können die Richtungen resp. die Flächen derselben sehr verschiedenartig ausgewählt werden. Vom rein mathematischen Standpunkte aus kann diese Erscheinung auch durch drei rechtwinklige (thermische Axen) oder schiefe Züge allein (d. h. ohne Schiebungen) erklärt werden. Der erste Standpunkt hat den Vorzug der Eindeutigkeit; deshalb ist derselbe für die Deutung der empirisch beobachteten Thatsachen allgemein angenommen. Dieser Standpunkt ist der von F. Neumann und seinen Nachfolgern, unter denen ganz besonders Hr. Beckenkamp mit seiner ausgezeichneten Arbeit über Ausdehnung der monoklinen und triklinen Krystalle<sup>1)</sup> zu erwähnen ist.

Nehmen wir aber für einen Augenblick an, dass in einem triklinen Krystalle drei besondere Richtungen vorhanden sind (congruente Reihen im Sinne Bravais'), nach welchen die Züge allein zum Vorschein kommen, und deren Winkel constant bleiben, also die betreffenden Axen für alle Temperaturen ihre fixirte Lage behalten, so kann man gewiss einer solchen Anschauung den Vorzug geben, zumal dabei die structurellen Flächen und Richtungen durch die Beobachtung der thermischen Deformationen entdeckt werden können.

Bei der ausführlichen mathematischen Behandlung<sup>2)</sup> der Frage der homogenen Deformationen (resp. krystallographischen Projectivität) hat der Verf. besonders auf diesen Punkt seine Aufmerksamkeit gelenkt und den Satz hervorgehoben, dass im Allgemeinen drei solche conjugirte Richtungen existiren, nach welchen der Krystall ohne Schiebung ausgedehnt werden kann, um eine gegebene, streng bestimmte Deformation desselben zu erzeugen. Obgleich er bei diesen Untersuchungen einen ganz anderen Zweck, und zwar die Ausarbeitung eines möglichst einfachen Systems der krystallographischen Berechnungen, verfolgte, kamen natürlich dabei die Fragen der thermischen Ausdehnung von selbst mit in Betracht. Derselbe hatte schon damals die Beobachtungsergebnisse von Hrn. Beckenkamp zu benutzen

---

1) Diese Zeitschr. 5, 436 ff.

2) Analytisch-krystallographische Studien, ganz besonders die dritte.

versucht, indem er verschiedene Hauptstructurrichtungen auswählte und prüfte, ob die beobachtete Deformation durch drei conjugirte Züge zu Stande kommen könne. Die Antwort erwies sich negativ, indem die Auflösung der analytischen Gleichungen zu imaginären Grössen führte. Infolge dessen habe ich von diesen meinen Versuchen keine Notiz gebracht. Das Resultat nahm ich als einen Beweis dafür, dass wirklich ausser Zügen noch Schiebungen stattfinden müssen, damit auch den Gesetzen der thermischen Ausdehnung eine structurelle Ausdrucksweise gegeben werden könne. Die thermischen Axen besitzen bekanntermaassen keine structurelle Bedeutung, und ihre Lagen ändern sich mit der Temperatur<sup>1)</sup>.

In der unlängst ausgeführten Arbeit »Beitrag zur Syngonielehre« (diese Zeitschr. 28, 64) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass der Orthoklas als ein im erweiterten Sinne pseudotetragonaler Krystall aufgefasst werden kann und zu einem solchen wirklich wird, wenn man die Schiebung nach der Fläche (001) in der Richtung [100] ausführt. Demgemäss habe ich für den Flächencomplex des Orthoklases ebenso wie der Feldspäthe überhaupt eine andere Deutung vorgeschlagen, indem die Axe [100] vertical gestellt wird, also das Symbol [001] erhält, die Axe [010] unberührt bleibt, der Fläche (20 $\bar{1}$ ) das Symbol (001) und der Fläche (110) das Symbol (1 $\bar{1}$ 1) zuertheilt wird. Demgemäss erhält man als Transformationsgleichungen die folgenden:

$$p_0 : p_1 : p_2 = +q_0 + 2q_2 : -q_1 : q_0,$$

wo  $p_i$  die neuen und  $q_i$  die alten, üblichen, Indices bedeuten.

Bei dieser neuen Deutung, für welche die Symbolistik des Orthoklases wie der Feldspäthe überhaupt auf's Aeusserste vereinfacht wird, soll die

1) Unter den hierher gehörenden, rein mathematischen Arbeiten ist wegen ihrer Ausführlichkeit besonders die Arbeit von Hrn. Hecht zu erwähnen »Ueber die Berechnung der Hauptaxen bei endlichen homogenen Deformationen krystallographischer Körper«. In derselben hat der Verf. gezeigt, dass es ganz gut möglich (wenn auch ziemlich complicirt) ist, die thermischen Axen zu berechnen, wenn zwei genügend genaue Beobachtungsreihen für zwei verschiedene Temperaturen vorliegen, ohne dabei in den Formeln zu unendlich kleinen Grössen Zuflucht zu nehmen.

Nun aber scheint mir ganz unzweifelhaft, dass gerade diese Aufgabe, trotz ihres mathematischen Interesses, keine physikalische Bedeutung besitzt. Ermitteln wir die thermischen Axen für die Temperaturen  $t_1$  und  $t_2$ , so würde dies nur dann einen physikalischen Sinn haben, wenn dieselben auch für die zwischen  $t_1$  und  $t_2$  liegenden Temperaturen dieselben bleiben; sonst erhalten wir bloss, so zu sagen, fictive Zahlen, welche um so mehr sich den den wirklichen Thatbestand ausdrückenden nähern, je geringer die Differenz  $t_2 - t_1$  ist, und nur für unendlich kleine Differenz wirkliche physikalische Constanten darstellen. Gerade für kleine thermische Aenderungen sind die thermischen Axen sehr beweglich. Vom mathematischen Standpunkte ist natürlich die Hecht'sche Methode für möglichst kleine thermische Unterschiede ebensogut anwendbar, wie für beliebig grosse (diese Zeitschr. 11, 534).



Schiebungsfläche die Fläche (400) und die Schiebungsrichtung [004] sein, also die Hauptstructurfläche und Hauptstructurrichtung überhaupt.

Nun lag die Idee nahe, zu prüfen, ob dieselbe Fläche (400) auch als thermische Schiebungsfläche und [004] als Schiebungsrichtung angesehen werden kann.

Für diese Prüfung liefern die Beobachtungsergebnisse von Hrn. Beckenkamp ein ganz ausgezeichnetes Material in Anbetracht der grossen Sorgfalt, mit welcher dieselben ausgeführt wurden.

Diese Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt <sup>1)</sup>:

	$t = 20^0$	$t = 80^0$	$t = 140^0$	$t = 200^0$
$a =$	0,658398	0,658888	0,659367	0,659912
$c =$	0,555486	0,555596	0,555657	0,555729
$\beta =$	63° 59' 4",5	63° 59' 30",7	64° 0' 3",6	64° 0' 39",5
$a$ bezieht sich auf die alte Axe [400], also auf die neue [004]				
$c$	-	-	-	-
$\beta$	-	-	-	-

den Winkel zwischen beiden.

Schreiben wir noch dieselben Reihen mit ersten Differenzen, so finden wir

	Diff. :		Diff. :
für $a$ : 0,658398		für $c$ : 0,555486	
0,658888	490	0,555596	110
0,659367	479	0,555657	61
0,659912	545	0,555729	72

Nun ist nicht zu verkennen, dass in der ersten Reihe wir mehr Regelmässigkeit treffen und sogar eine Annäherung an eine directe Proportionalität zwischen diesen Differenzen und den Temperaturabständen. Nur die zweite Zahl scheint etwas zu gering. In der zweiten Reihe ist sehr schwer eine Regelmässigkeit zu constatiren.

Dieses erste Resultat stimmt ziemlich gut mit dem von vornherein zu erwartenden Resultate, nach welchem die Axe  $a$  wirklich eine der Axen der thermischen Ausdehnung ist, nicht aber die Axe  $c$ .

Das Resultat wird jedoch bei Weitem sicherer gestellt, wenn wir aus den Beobachtungsergebnissen desselben Gelehrten die entsprechenden Zahlen für den Anorthit zusammenstellen, und zwar:

	Diff. :		Diff. :
für $a$ : 0,635349		für $c$ : 0,550427	
0,635499	150	0,550380	-47
0,635689	190	0,550425	+45
0,635949	260	0,550445	+20

Hier sieht man ganz deutlich die Regelmässigkeit der ersten Reihe, in

1) Die Axe  $b$  wird für alle Temperaturen gleich 1 angenommen.

welcher der Ausdehnungscoefficient mit der Temperatur deutlich zunimmt, und die Unregelmässigkeit der zweiten Reihe.

Daraus dürfte mit genügender Wahrscheinlichkeit hervorgehen, dass die Axe  $a$  wirklich eine der Axen der thermischen Ausdehnung ist, und dass die Axe  $c$  dies nicht ist.

Es entsteht also die weitere Aufgabe, diese zweite Axe aufzusuchen, und nun ist natürlich die Axe  $[100]$  der neuen Aufstellung in dieser Hinsicht zu prüfen.

Zuerst sind also die Grössen der dieser Axe bei verschiedenen Temperaturen zugehörigen Axeneinheiten ebenso wie der Winkel zwischen derselben und  $[004]$  zu berechnen.

Für diese Berechnung haben wir folgende Relationen (Fig. 4): Es seien  $a$  und  $c$  die bekannten Axeneinheiten auf  $[004]$  resp.  $[104]$  und  $x$  die gesuchte Axeneinheit auf  $[100]$ ; es sei weiter  $\gamma$  der Winkel zwischen  $[104]$  und  $[100]$ . Dann haben wir als den Ausdruck der Gleichförmigkeit beider Theildreiecke:

$$ax \sin(\beta + \gamma) = 2ac \sin \beta$$

$$\text{und } cx \sin(\gamma) = ac \sin \beta.$$

$$\text{Folglich } \sin(\beta + \gamma) : \sin(\gamma) = 2c/a$$

$$\text{und also } \log \sin(\beta + \gamma) - \log \sin(\gamma) = \log 2 + \log c - \log a.$$

Nach dieser Formel ist direct die Grösse des Winkels  $\gamma$  aus den Logarithmentabellen zu entnehmen, indem der entsprechende Logarithmus des Sinus um eine bekannte constante Grösse kleiner ist, als der Logarithmus des Sinus des um die bekannte Grösse  $\beta$  höheren Winkels.

Nachdem diese ziemlich bequeme Aufsuchung vollzogen wurde, liessen sich für  $\gamma$  folgende Zahlen bestimmen:

$$\text{für } 20^\circ 33' 16'' 27'', \quad \text{für } 80^\circ 33' 17'' 34'', \quad \text{für } 140^\circ 33' 18'' 47'',$$

$$\text{für } 200^\circ 33' 20'' 10''.$$

$$\text{Also } \gamma + \beta = \beta' \text{ resp. } 97^\circ 15' 32'', 97^\circ 17' 5'', 97^\circ 18' 54'', 97^\circ 20' 49\frac{1}{2}''.$$

$$\text{Die Differenzen sind resp. } 1' 33'', 1' 46'', 1' 59''.$$

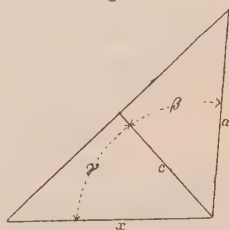
Hier ist die Regelmässigkeit ganz gut ausgedrückt. Das Resultat spricht aber unzweideutig dafür, dass in Wirklichkeit eine Schiebung längs der Fläche  $(100)^1$  stattfindet, und zwar eine nicht unbedeutende, nicht zu vernachlässigende Schiebung.

Endlich lässt sich leicht auch die Axeneinheit  $x$  nach der Formel

$$x = a \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} \quad \text{berechnen.}$$

<sup>1)</sup> Und nicht längs der Fläche  $(004)$ , da sonst der Pseudoisotropismus der Zone  $[004]$  nicht erhalten bliebe.

Fig. 4.



Man erhält dann für die aufsteigende Reihe der Temperaturen die Zahlen

1,07845; 1,07878; 1,07906; 1,07939

und die Differenzen 33; 28; 33.

Abgesehen von einer Unregelmässigkeit in der zweiten Differenz sieht man die Tendenz zur directen Proportionalität zwischen diesen Differenzen und den Temperaturabständen.

Ich erlaube mir sogleich darauf aufmerksam zu machen, dass die Ausdehnung nach der Axe [100] viel geringer ist, als nach der Axe [001], was eben für einen pseudotetragonalen Krystall zu erwarten war.

Um dieses Verhältniss genauer zum Ausdrucke zu bringen, haben wir nur die Quotienten

$$\frac{490}{658398} = 0,00074 \quad \text{und} \quad \frac{33}{407845} = 0,00030$$

zu berechnen.

Man sieht also, dass der erste Ausdehnungscoefficient fast genau  $2\frac{1}{2}$ -mal so gross ist als der zweite.

Es scheint somit die thermische Mechanik des Orthoklases aufgeklärt. Wir können jetzt, wenigstens sehr annähernd, für sämtliche Temperaturen von 0° bis 200° die Complexe aufstellen und somit alle krystallographischen Berechnungen ausführen.

Die Unregelmässigkeiten der Zahlen der direct von Hrn. Beckenkamp aufgestellten Tabelle erhalten ihre richtige Erklärung in dem Zusammentreffen zweier verschiedener Vorgänge, und zwar des Zuges und der Schiebung; infolge dessen gestalten sich die Zahlen etwas complicirter und unregelmässiger, als dies in der Wirklichkeit der Fall ist. Somit erhält auch die zufällige Constanz des Winkels  $\beta$  ihre richtige Erklärung. Für Anorthit, zu welchem wir sogleich übergehen, und für welchen die Ausdehnungscoefficienten ganz andere sind, ist diese Constanz keineswegs vorhanden.

Falls den eben beschriebenen, für den Orthoklas geltenden thermischen Vorgängen wirklich eine structurelle Bedeutung zukommt, so müssen dieselben Vorgänge auch für andere, structurell gleichgebaute Glieder der morphotropen Feldspathfamilie geltend sein, und wir erhalten die entsprechenden Zahlen auf Grund der Berechnungen mittelst der für Orthoklas gegebenen Formeln.

Wir haben schon oben gesehen, wie relativ regelmässig sich die Zahlen der Ausdehnungscoefficienten für die Axe  $a$  gestalten im Vergleiche zu denen für die Axe  $c$ .

Nun erhalten wir ein ganz anderes Resultat, wenn wir die Reihe der Zahlen für die Axe [100] der neuen Aufstellung ermitteln und zusammenstellen.

Für die Winkel  $\gamma$  erhalten wir zuerst die Reihe :

$$34^{\circ} 45' 50''; \quad 34^{\circ} 46' 31''; \quad 34^{\circ} 46' 53''; \quad 34^{\circ} 47' 27'',$$

und somit finden wir für die Reihe der Winkel  $\beta'$  :

$$98^{\circ} 52' 44\frac{1}{2}''; \quad 98^{\circ} 54' 31''; \quad 98^{\circ} 56' 20''; \quad 98^{\circ} 59' 24'',$$

da für die Winkel  $\beta$  von Hrn. Beckenkamp die Zahlen

$$64^{\circ} 6' 54\frac{1}{2}''; \quad 64^{\circ} 8' 0''; \quad 64^{\circ} 9' 27''; \quad 64^{\circ} 11' 54\frac{1}{2}''$$

angegeben werden.

Wir ersehen daraus, dass für Anorthit der Schiebungswinkel noch bedeutender ist als für den Orthoklas.

Für die Axeneinheiten auf der Axe [100] erhalten wir die Zahlen :

$$\begin{array}{cccc} 1,00244; & 1,00258; & 1,00294; & 1,00345, \\ \text{die Differenzen} & 47; & 36; & 51. \end{array}$$

Diese Reihe ist gerade im Gegensatze zu der Reihe für die Axe  $c$  durch eine besondere Regelmässigkeit gekennzeichnet, und zwar sehen wir hier fast eine arithmetische Progression der Ausdehnungscoëfficienten; folglich macht sich keineswegs die Tendenz der Krystallsubstanz kund, sich in dieser Richtung gleichmässig für sämmtliche Temperaturen auszudehnen.

Jedenfalls kommt aber die pseudotetragonale Tendenz der hauptsächlichen Ausdehnung nach der Axe  $a$  [001] sehr scharf zum Ausdrucke, wenn auch weniger scharf als im Orthoklas, wie dies aus folgenden Zahlen zu ersehen ist :

$$\frac{180}{635349} = 0,00028; \quad \frac{17}{400244} = 0,00017.$$

Damit stimmt auch die ansehnlichere Grösse für den Winkel  $\beta'$  überein.

Es muss sogleich hervorgehoben werden, dass die relativen Ausdehnungsgrössen nicht genau gleich sind den oben angegebenen, und zwar müssen infolge der Schiebung diese Werthe einer kleinen Correction unterworfen werden.

Beim Orthoklas haben wir für diese Coëfficienten die Reihe

$$x = 1,07895; \quad 1,07878; \quad 1,07906; \quad 1,07939$$

erhalten und für die entsprechende Schiebungsrösse :

$$\varphi = 7^{\circ} 45' 32''; \quad 7^{\circ} 47' 5''; \quad 7^{\circ} 48' 54''; \quad 7^{\circ} 20' 49\frac{1}{2}''.$$

Auf die zur Axe [001] senkrechte Axe bezogen, erhalten wir die Grösse  $x \cdot \cos \varphi$ . Nun sind die Verhältnisse dieser Axen für verschiedene Temperaturen die wirklichen Ausdehnungscoëfficienten. Nach der erfolgten Berechnung erhalten wir :

für	20°—80°	80°—140°	140°—200°
die Werthe	1,00027	1,00020	1,00022.



Im Grossen und Ganzen können wir also sagen, dass, wenn wir die Ausdehnungscoefficienten für die Axe [010] als Einheit nehmen, der Ausdehnungscoefficient für die Axe [100] constant und gleich 1,000044 ist (indem der mittlere Unterschied 0,00023 durch 20 getheilt wird), während für die Axe [001] dieser relative Coefficient 1,000037 ist.

Die Ausdehnung des Orthoklases erfolgt sehr nahe nach dem Typus eines tetragonalen Krystalles, und hauptsächlich giebt die Schiebung mit der Axe [010] und Fläche (100) (Schiebungsrichtung [001]) diesem Vorgange einen besonderen Ausdruck.

Noch lehrreicher wäre es, die entsprechenden Zahlen für triklone Krystalle aufzufinden, also z. B. für Anorthit. Es fragt sich, auf welche Weise die thermischen Aenderungen der letzteren aufgefasst werden können.

Die einfachste Voraussetzung, welche auf rechnerischem Wege zu prüfen wäre, ist diejenige, nach welcher keine anderen Gesetze ausser den eben gefundenen gültig sind; also wäre zu prüfen, ob die thermischen Verhältnisse durch drei Ausdehnungen nach den Axen [100], [010], [001] und eine einzige Schiebung nach der Fläche (100) bestimmt werden können.

Diese Voraussetzung spricht aus, dass die Schiebungsaxe [010] ihre feste Lage behält, ebenso wie die Fläche (100), während die Fläche (001) einer Schiebung unterworfen ist, und diejenige Richtung derselben, welche in der zur Axe [010] senkrechten Ebene liegt, in allen Stadien der thermischen Aenderung in derselben Ebene bleibt.

Alle solche rechnerische Aufgaben gehen sehr einfach vor sich, wenn man die Methode der projectivischen Berechnungen zu Hülfe nimmt<sup>1)</sup>.

Man suche zuerst das projective Symbol dieser Richtung für höhere Temperaturen, welches sehr leicht mittelst der Gleichungen der Projectivität sich berechnen lässt; dann berechne man wieder die wirklichen Symbole derselben Richtungen für verschiedene Temperaturen. Diese Symbole, natürlich irrationale, müssen bei dieser Voraussetzung sämmtlich gleich sein für alle Temperaturen.

Für die Prüfung dieser Voraussetzung sind also zuerst sämmtliche Projectivitätsgleichungen aufzufinden.

Es seien die Projectivitätsgleichungen für 20° für die Flächen

$$\frac{p_0'}{p_1'} = \frac{a_1 p_0 + a_2 p_1 + a_3 p_2}{a_4 p_1 + a_5 p_2} = \frac{b_2 b_5 p_0 - b_1 b_5 p_1 + (b_1 b_4 - b_2 b_3) p_2}{b_5 p_1 - b_4 p_2} \quad \text{und}$$

$$\frac{p_0'}{p_2'} = \frac{a_1 p_0 + a_2 p_1 + a_3 p_2}{p_2} = \frac{b_2 b_5 p_0 - b_1 b_5 p_1 + (b_1 b_4 - b_2 b_3) p_2}{b_2 p_2}$$

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{a_4 p_0' - a_2 p_1' + (a_2 a_5 - a_3 a_4) p_2'}{a_1 p_1' - a_1 a_5 p_2'} = \frac{p_0' + b_1 p_1' + b_3 p_2'}{b_2 p_1' + b_4 p_2'}$$

$$\frac{p_0}{p_2} = \frac{a_4 p_0' - a_2 p_1' + (a_2 a_5 - a_3 a_4) p_2'}{a_1 a_4 p_2'} = \frac{p_0' + b_1 p_1' + b_3 p_2'}{b_5 p_2'}$$

1) Vierte analytisch-krystallographische Studie. Einleitung (Formeln 10) (s. auch diese Zeitschr. 21, 709).

und für die Kanten

$$\begin{aligned} \frac{r_0'}{r_1'} &= \frac{r_0}{b_1 r_0 + b_2 r_1} = \frac{a_4 r_0}{-a_2 r_0 + a_1 r_1} \quad \text{und} \\ \frac{r_1'}{r_2'} &= \frac{b_3 r_0 + b_4 r_1 + b_5 r_2}{(a_2 a_5 - a_3 a_4) r_0 - a_1 a_5 r_1 + a_1 a_4 r_2} \\ \frac{r_0}{r_1} &= \frac{b_2 b_5 r_0'}{-b_1 b_5 r_0' + b_5 r_1'} = \frac{a_1 r_0'}{a_2 r_0' + a_4 r_1'} \\ \frac{r_1}{r_2} &= \frac{(b_1 b_4 - b_2 b_3) r_0' - b_4 r_1' + b_2 r_2'}{a_3 r_0' + a_5 r_1' + r_2'} \end{aligned}$$

Für die Temperatur  $80^\circ$  wollen wir schreiben  $a_1', a_2' \dots$  resp.  $b_1', b_2' \dots$ , für die Temperatur  $140^\circ$   $a_1'', a_2'' \dots$  resp.  $b_1'', b_2'' \dots$  und für die Temperatur  $200^\circ$   $a_1''', a_2''' \dots$  resp.  $b_1''', b_2''' \dots$ . Natürlich berechnen wir diese Coefficienten für die neue, richtigere Aufstellung des Minerals.

Nun ist diese Berechnung sehr leicht auszuführen, wenn die Axeneinheiten  $c_1, c_2, c_3$  und die ebenen Axenwinkel  $X_1, X_2$  und  $X_3$  bekannt sind, mittelst der Formeln:

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{c_3}{c_1 \sin(X_2) \sin(X_3)} & \text{und } b_1 &= -\cotg(X_3) \\ a_2 &= \frac{c_3 \cotg(X_3)}{c_2 \sin(X_1)} & b_2 &= \frac{c_3 \sin(X_1)}{c_1 \sin(X_2) \sin(X_3)} \\ a_3 &= -\cotg(X_1) \cotg(X_3) - \frac{\cotg(X_2)}{\sin(X_3)} & b_3 &= \frac{\cotg(X_2)}{\sin(X_3)} \\ a_4 &= \frac{c_3}{c_2 \sin(X_1)} & b_4 &= \frac{c_2 \cos(X_1)}{c_1 \sin(X_2) \sin(X_3)} \\ a_5 &= -\cotg(X_1) & b_5 &= \frac{c_3}{c_1 \sin(X_2) \sin(X_3)}, \end{aligned}$$

wo  $\alpha_3$  den Flächenwinkel  $(100):(010)$  bedeutet.

Für die neue Aufstellung sind aber nur sämtliche Axeneinheiten und die Winkel  $X_1, X_2$  bekannt. Der Winkel  $\alpha_3$  muss also erst berechnet werden.

Nun aber ist  $\alpha_3$  der von  $(010):(100)$  der alten Aufstellung gebildete Winkel.

Denselben können wir also finden mittelst der Formel

$$\cotg^2 \frac{\alpha_3}{2} = \frac{\sin s \cdot \sin(s - \alpha)}{\sin(s - \gamma) \sin(s - \beta)},$$

wo  $2s = \alpha + \beta + \gamma$ . Nun ergeben sich die folgenden Werthe:

	200	800	1400	2000
$\alpha + \beta + \gamma =$	$300^\circ 16' 32''$	$300^\circ 15' 35''$	$300^\circ 14' 22''$	$300^\circ 13' 23''$
$s =$	150 8 46	150 7 47	150 7 11	150 6 41
$s - \gamma =$	58 52 59	58 52 10	58 51 15	58 44 16
$s - \alpha =$	57 0 9	56 59 48	56 59 18	56 58 49
$s - \beta =$	34 15 8	34 15 47	34 16 38	34 17 37

Daraus berechnet man

$$x_3 = 85^\circ 54' 42'', \quad 85^\circ 54' 47'', \quad 85^\circ 54' 48'', \quad 85^\circ 54' 27''.$$

Man bemerkt wohl die merkwürdige Constanz dieses Winkels und dabei die Unregelmässigkeit in dem Verlaufe der Zahlen <sup>1)</sup>.

Jetzt ist es leicht möglich, die Coëfficienten der Projectivitätsgleichungen zu berechnen. Da aber die Berechnung der Coëfficienten  $b$  etwas leichter vor sich geht, als die der Coëfficienten  $a$ , so habe ich die ersteren bestimmt und für deren Logarithmen folgende Reihen ermittelt:

$$\begin{array}{llll} \log (-b_1) = & \bar{2},738568 & \bar{2},738259 & \bar{2},738047 & \bar{2},737988 \\ \log b_2 = & \bar{1},808943 & \bar{1},809027 & \bar{1},809040 & \bar{1},809056 \\ \log b_3 = & \bar{1},494808 & \bar{1},496328 & \bar{1},497847 & \bar{1},200294 \\ \log (-b_4) = & \bar{2},743243 & \bar{2},742873 & \bar{2},742544 & \bar{2},742326 \\ \log b_5 = & \bar{1},808290 & \bar{1},808378 & \bar{1},808394 & \bar{1},808408 \end{array}$$

Nun können wir die directe Antwort auf die vorgestellte Frage suchen. Das projective Symbol der zur Kante  $[010]$  senkrechten Fläche ist  $(0; b_2; b_4)$

- - - - Fläche  $(010)$  ist  $(\bar{b}_1; 4; 0)$

- - - - Schnittkante beider Fläch. ist  $[-b_4; -b_1 b_4; b_1 b_2]$

das entsprechende wirkliche Symbol ist  $[-b_2 b_4 b_5; 0; b_4(b_2 b_3 - b_1 b_4) + b_1 b_4^2 + b_1 b_2^2]$  oder  $\left[-b_2 b_5; 0; b_2 b_3 + \frac{b_1 b_2^2}{b_4}\right]$ . Nach der erfolgten Berechnung erhalten wir die Reihen:

$$\begin{array}{l} \text{für } \log (b_2 b_5) \quad \bar{1},617233; \bar{1},617405; \bar{1},617434; \bar{1},617464; \\ - \log \left[ b_2 b_3 + \frac{b_1 b_2^2}{b_4} \right] \quad 0,954224; 0,954725; 0,952433; 0,952340. \end{array}$$

Folglich erhalten wir für die gesuchten wirklichen Symbole die Reihe:

$$[\bar{1}; 0; 24,577]; [\bar{1}; 0; 24,593]; [\bar{1}; 0; 24,642]; [\bar{1}; 0; 24,624].$$

4) Für eine Fläche  $p$  der verticalen Zone  $[004]$  haben wir die Indices  $(p_0 p_1 0)$ , also die projectiven Indices  $(b_2 p_0 + b_1 p_1; p_1; 0)$ . Ebenso für eine andere Fläche  $q$  derselben Zone  $(b_2 q_0 + b_1 q_1; q_1; 0)$ .

Also

$$\text{tang } (p q) = \frac{x}{(b_2 p_0 + b_1 p_1)(b_2 q_0 + b_1 q_1) + p_1 q_1}, \text{ wo } x \text{ Polfactor } b_2(p_0 q_1 - p_1 q_0) \text{ ist.}$$

Für eine andere Temperatur, z. B.  $80^\circ$ , haben wir

$$\text{tang } (p' q') = \frac{x'}{(b_2' p'_0 + b_1' p'_1)(b_2' q'_0 + b_1' q'_1) + p'_1 q'_1}, \text{ wo } x' \text{ Polfactor } b_2'(p'_0 q'_1 - p'_1 q'_0) \text{ ist.}$$

Nun ersehen wir aus der nächstfolgenden Tabelle, dass die Coëfficienten  $b_2$  für verschiedene Temperaturen sich durch merkwürdige Constanz auszeichnen, indem die entsprechenden Logarithmen zwischen den Grenzen  $\bar{1},80894$  bis  $\bar{1},80905$  variiren. Was die Coëfficienten  $b_1$  anbetrifft, so zeichnen sie sich durch geringe Grösse und auch durch etwas ausgeprägtere relative Constanz aus. Infolge dessen ist der Schluss zu ziehen, dass überhaupt die Flächenwinkel der verticalen Zone sich durch ausgeprägte Constanz auszeichnen, und dass der Winkel  $x_3$  keinen Ausnahmefall bildet.

Diese Reihe liefert eine ganz bestimmte, negative Antwort auf die vorgestellte Frage, ob für Anorthit die Schiebung nach der Fläche (100) bei der thermischen Aenderung allein wirksam ist.

Diese Reihe ist aber in dem Sinne sehr lehrreich, dass sie uns einigermaassen in der Frage über die relative molekulare Anordnung des Anorthits orientirt. Da derselbe triklin ist und zugleich eine grosse Aehnlichkeit der Structur mit dem Orthoklas besitzen muss, so kann man schematisch von einer Schiebung längs der Fläche (010) sprechen, welche nicht von der Temperatur, sondern von dem chemischen Bestande abhängt. Natürlich haben wir keinen Beweggrund zu meinen, diese Schiebung solle rational sein, und in Wirklichkeit zeigt uns diese Reihe, dass die Schiebungsaxe irrational, obgleich der Verticalaxe [001] sehr angenähert, ist.

Für den Albit habe ich eine ganz andere Schiebungsaxe erhalten, aber die Constanten für dieses Mineral gehen ansehnlich auseinander.

Den Messungen von Des Cloizeaux gemäss wurden von mir schon längst folgende Projectivitätsgleichungen aufgestellt <sup>1)</sup>:

$$\begin{aligned} p_0' &= \frac{0,98371 p_0 - 0,00056 p_1 + 0,49815 p_2}{0,55910 p_1 + 0,07080 p_2} \\ p_1' &= \frac{0,55910 p_1 + 0,07080 p_2}{p_2} \quad \text{und} \\ p_2' &= p_2 \\ r_0' &= r_0 \\ r_1' &= \frac{0,00404 r_0 + 4,75947 r_1}{-0,49822 r_0 - 0,42458 r_1 + 0,98371 r_2} \\ r_2' &= -0,49822 r_0 - 0,42458 r_1 + 0,98371 r_2 \end{aligned}$$

Bei der alten Aufstellung liess sich daraus berechnen, dass der Schiebungsaxe das wirkliche Symbol [0,00055; 0; 0,04389], also ein dem der alten Axe [001], oder bei der neuen Aufstellung der Axe [101] sehr nahe stehendes, zukommt.

Daraus ist nun der Schluss zu ziehen erlaubt, dass diese Schiebungsaxe für eine Reihe isomorpher Glieder sehr verschieden ist, wodurch die Irrationalität dieser Axe noch mehr zu Tage tritt.

Wenn einmal es mit einer einzigen Schiebung unmöglich erscheint zu Stande zu kommen, was übrigens a priori vorauszusehen war, so ist ganz unentbehrlich, eine andere Schiebung zu Hülfe zu nehmen.

Wenn für den monoklinen Feldspath als eine solche Schiebungsfläche sich die Fläche (100) erweist, so ist für einen triklinen, aber doch pseudotetragonalen Feldspath als andere Schiebungsfläche die Fläche (010) anzunehmen.

Bei dieser Annahme lassen sich aber die Schiebungsaxe ebenso wie die Schiebungsgrösse ganz eindeutig berechnen. Die Schiebungselemente für die nach (100) erfolgte Schiebung, ebenso wie die Ausdehnungscoefficienten

1) Vierte analytisch-krystallographische Studie § 9.



für sämtliche Temperaturen  $20^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$ ,  $140^{\circ}$  und  $200^{\circ}$  sind bekannt. Es ist also ganz gut möglich, für jede gegebene Richtung ihre Aenderung mit der Temperatur genau zu bestimmen, ohne dabei auf die Schiebung nach der Fläche (040) Bezug zu nehmen. Wenn also eine Richtung für eine Temperatur  $80^{\circ}$ ,  $140^{\circ}$  oder  $200^{\circ}$  gegeben ist, so können wir die ihr entsprechende Richtung auch für  $20^{\circ}$  bestimmen. Nun nehmen wir die Richtung der Axe [040] und bestimmen den schon bekannten Projectivitätsgleichungen gemäss die entsprechenden Richtungen (in krystallographischen Coordinaten ausgedrückt) für alle vier Temperaturen, und dann reduciren wir dieselben Richtungen sämmtlich auf  $20^{\circ}$ , indem wir von der zweiten, gesuchten Schiebung absehen und nur die Coëfficienten der Ausdehnung und Schiebungselemente für die Fläche (100) in Betracht ziehen. Dann müssen die von diesen gefundenen Richtungen mit der in der Fläche (040) befindlichen Schiebungsaxe gebildeten Winkel genau gleich sein. Da aber die bei thermischen Aenderungen zu Stande kommenden Verschiedenheiten in den Grössen dieser Winkel nur äusserst klein sein können, so kann man in erster Annäherung sagen, dass diese Winkel von Anfang an sämmtlich gleich sind. Die angenäherte Aufgabe wäre also, eine solche in die Fläche (040) fallende Richtung zu bestimmen, welche für sämtliche Temperaturen mit der Axe [040] den gleichen Winkel bildet.

Glücklicherweise erhält diese Aufgabe von vornherein durch die von Hrn. Beckenkamp gegebene Zahlenreihe ihre Auflösung. Man findet nämlich eine Reihe fast gleicher Zahlen für die zwischen [040] und [140] (früher der Winkel  $\alpha$ ) eingeschlossenen Winkel, und zwar:

$$93^{\circ} 8' 6\frac{1}{2}''; \quad 93^{\circ} 7' 58\frac{1}{2}''; \quad 93^{\circ} 7' 53''; \quad 93^{\circ} 7' 51\frac{1}{2}''$$

$$\text{Differenzen:} \quad -0^{\circ} 0' 8''; \quad -0^{\circ} 0' 5\frac{1}{2}'' \quad -0^{\circ} 0' 4\frac{1}{2}''.$$

Diese Differenzen sind sämmtlich negativ, und darum bleibt es noch zweifelhaft, ob die Axe [140] die Schiebungsaxe sei. Jedenfalls ist aber diese Axe der Axe [140] sehr angenähert.

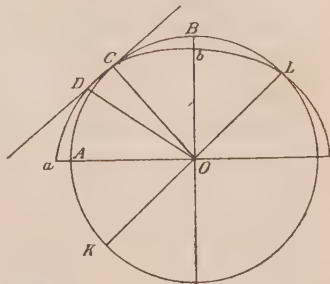
Es wäre sehr interessant, auch den Albit in thermischer Hinsicht genau zu untersuchen, da, wie oben angegeben ist, für denselben auch die irrationale Molekularschiebungsaxe dieselbe oder derselben angenähert ist. Infolge dessen ist der thermische Vorgang regelmässiger als bei Anorthit zu erwarten.

Nun wollen wir noch einen allgemeinen Blick auf diesen Vorgang werfen.

Der Mechanismus desselben bleibt unbekannt. Das Resultat der Beobachtungen kann aber sehr verschiedenartig ausgedrückt werden. Der von F. Neumann gegebene Ausdruck desselben, als eine Ausdehnung nach drei untereinander senkrechten thermischen Axen, ist nur als eine rein empirische Ausdrucksweise der beobachteten Thatsachen zu bezeichnen. Sie

giebt über den zu erwartenden Zusammenhang zwischen Structur und thermischem Vorgange keine Auskunft, noch verfolgt dieselbe den Zweck, davon eine Auskunft zu geben, da jedenfalls in einer Substanz von niedrigerer Syngonie es keine drei senkrechten structurellen Axen giebt noch geben kann. Wird einmal als ein Ausdruck des thermischen Vorganges eine Schiebung erwiesen, so ist, wie wir sogleich zu beweisen versuchen, keine, selbst angenäherte, Stellung der thermischen Axen zu irgend welchen, diesen Vorgang wirklich bestimmenden, Structurlinien zu erwarten. Es sei  $O \cdot AB$  ein centraler Schnitt einer Kugel, welche einer Schiebung unterworfen ist, deren Axe die zur Figur senkrechte Gerade ist. Bekanntlich wird infolge jeder Schie-

Fig. 2.



bung die Kugel eine homogene Deformation erfahren, und zwar entsteht aus derselben ein gleichflächiges Ellipsoid, dessen zwei Hauptaxen  $Oa$  und  $Ob$  ( $Oa > OA$  und  $Ob < OB$ ) seien, und die dritte Hauptaxe bleibt dabei dem Kugelradius gleich. Die Axen  $OA$  und  $OB$  sind jetzt die thermischen Axen. Um aber die Lage der Schiebungsfläche aufzufinden, ziehen wir zum Kreise und zur Ellipse des Schnittes die gemeinsame Tangente  $CD$ ; es sei  $C$  der Berührungspunkt des Kreises und  $D$  der der Ellipse. Das andere Paar Schnittpunkte des Kreises und der Ellipse seien die Punkte  $K, L$ .

Da der Kreis und die Ellipse gleichflächig angenommen werden, so ist das Verhältniss beider zu einander, wie dies in der Theorie der homogenen Deformationen bewiesen wird, das der Schiebung, und einer der Kreisschnitte des Ellipsoides, z. B.  $KL$ , muss die Schiebungsfläche sein;  $DC$  ist dann parallel  $KL$ , und die Grösse  $DC$  ist die Schiebungsgrösse.

Wir können die Grösse  $CD$  als eine variable, unendlich kleine Grösse auffassen, und dann nähert sich die Gerade  $OD$  ihrer Lage und ihrer Länge nach dem Grenzwerte  $OC$ . Da aber der Kreis und die Ellipse gleichflächig sind, so haben wir die Flächengrösse  $F$  derselben:

$$F = \pi OA \times OB = \pi Oa \times Ob = \pi OL \times OD \times \sin(DOL).$$

In dem Grenzfalle muss also der Winkel  $COL$ , d. h. der Winkel zwischen beiden Kreisschnitten, genau gleich  $90^\circ$  sein.

Daraus ist also der Schluss zu ziehen, dass die Lage der thermischen Axen im Falle der Schiebung keineswegs mit derjenigen der Hauptstructurlinien zusammenfällt, und nur für den Grenzfall einer unendlich kleinen Schiebung bilden dieselben mit der Schiebungsaxe einen dem Winkel  $90^\circ$  unendlich nahen Winkel (die Schiebungsaxe fällt aber mit einer thermischen Axe zusammen). Dies alles hat aber nur dann statt, wenn Schiebung allein, d. h. ohne Ausdehnung, wirkt.

In dem Begriffe der thermischen Axen ist sogar ein Widerspruch nicht zu verkennen, indem als constante Richtungen zwei untereinander senkrechte angenommen werden, welche in Wirklichkeit nicht constant sind, und deren Winkel sich infolge der Schiebung selbst in seiner Grösse ändert.

Aus dem oben Angegebenen folgt aber auf's Deutlichste, dass es unmöglich erscheint, das Vorhandensein von Schiebungen zu verwerfen, weil sonst immer drei Richtungen (die Hauptstructuraxen) vorhanden sein müssten, zwischen welchen die Winkel bei dem thermischen Vorgange constant geblieben wären, und die Erfahrung lehrt, dass dies keineswegs der Fall ist.

Aus diesem Grunde erscheint es auch ganz unmöglich, zu irgend welchen drei Ausdehnungsaxen (nach drei conjugirten schiefen Hauptstructurrichtungen) allein seine Zuflucht zu nehmen, was sonst nach der reinen Theorie der homogenen Deformationen vollkommen möglich wäre und zu ebenso eindeutigen Resultaten führen würde, wie die Annahme der thermischen Axen (aber ohne den für die letzteren geltenden Widerspruch).

Das Resultat dieser Betrachtungen ist also, dass ausser den drei Hauptausdehnungsaxen noch zwei Schiebungen zu Hülfe genommen werden müssen.

Gegen diese letzte Anschauung wäre aber der Einwand zu machen, dass dieselbe ganz willkürlich erscheine und zu keinen bestimmten Schlüssen führen würde, weil jede drei beliebige krystallographische Axen als Hauptausdehnungsaxen angenommen werden können, wenn man dabei noch zwei Schiebungen zu Hülfe nimmt. Die Anzahl der zu ermittelnden Constanten, durch welche ein Krystallflächencomplex eindeutig bestimmt wird, wäre dann genau dieselbe (d. h. fünf). Von diesem Standpunkte aus könnte man eine solche Anschauung fast als eine einfache empirische Ausdrucksweise der beobachteten Thatsachen betrachten, wie die Auffindung der thermischen Axen für jede gegebene Temperatur.

In erster Linie ist es allerdings vollkommen möglich, diesen Einwand aufrecht zu halten und wirklich darin eine beschreibende Ausdrucksweise zu sehen, und dann hätten wir doch wenigstens den sehr grossen Vorzug der Anschaulichkeit gehabt. Schon aus diesem Grunde scheint mir unzweifelhaft diese Ausdrucksweise vor der der thermischen Axen vorgezogen werden zu müssen.

Dass aber dieser Standpunkt nicht der maassgebende ist, und jene Auffassung dem wirklichen Thatbestande mehr entspricht, sieht man schon aus den oben angeführten Zahlenreihen.

Man ziehe ferner in Betracht, dass auch bei der Aufstellung des Krystallflächencomplexes von rein geometrischem Standpunkte eben solche Willkür nicht zu verwerfen wäre, dass aber doch kein Krystallograph sich mit der Meinung einverstanden erklärt, dass es ganz gleichgültig sei, welcher krystallographischen Axen man sich bei dieser Aufstellung bediene. Vielmehr



ist die Zeit gekommen, die Frage aufzustellen, wie unter allen am wahrscheinlichsten einer Substanz zukommenden krystallographischen Axen die einzig richtigen auszuwählen seien. Dazu muss nämlich das intensivere Studium der Krystalstrukturtheorie führen. Wir haben z. B. gesehen, dass aus rein geometrischen Gründen der Syngonielehre der Schluss gezogen wurde, dass die übliche Aufstellung der Feldspäthe nicht die richtige ist, und dass dieselbe durch eine andere ersetzt werden muss, ein Schluss, welchen die rein krystallographischen Thatsachen (die Symbolistik der am häufigsten auftretenden Flächen) durchaus bestätigt haben.

Wenn wir aber dem wirklichen Thatbestande Rechnung tragen wollen, so kommen wir zu dem Schlusse, dass der letztbesprochene Standpunkt durchaus unberechtigt ist. Wir haben schon gesehen, wie unregelmässig die Zahlen verlaufen, wenn man die früheren, also von dem Standpunkte der Syngonielehre und Krystallographie überhaupt unrichtigen, krystallographischen Axen als Hauptausdehnungsrichtungen annimmt. Kann es für einen Zufall erklärt werden, dass der Ersatz derselben durch die richtigen zu einer so bedeutenden Zunahme der Regelmässigkeit des Verlaufes dieser Zahlen führt?

Die Annahme einer solchen Zufälligkeit ist um so weniger zulässig, als wir eben dieselbe Zunahme der Regelmässigkeit nicht nur für Orthoklas, sondern auch für Anorthit erhalten, und als diese zwei Glieder der Feldspathgruppe sonst als die entgegengesetzten Glieder derselben gelten können. Speciell für die Feldspathgruppe kommt noch der besonders günstige Umstand hinzu, dass die Mineralien pseudotetragonal sind, und dass nur bei der richtigen Aufstellung diese Pseudosymmetrie nicht nur in geometrischer, sondern auch in thermischer Hinsicht scharf zum Ausdrucke kommt. Sie zeigt sich aber deutlich genug auch in optischer Hinsicht, und zwar nicht nur für Orthoklas, sondern auch für die Plagioklasreihe, indem eine der mittleren Stellungen der Ellipsoidaxe  $n_p$  sehr nahe durch die verticale Axe [001] hindurchgeht, während die beiden anderen Ellipsoidaxen sich sehr den krystallographischen Axen [100] und [010] nähern.

Speciell für die optischen und nicht für die thermischen Verhältnisse ist der Umstand gültig, dass die sehr kleinen Aenderungen in dem Krystalflächencomplexe durch sehr anschauliche Beweglichkeit der optischen Constanten gekennzeichnet sind. In dieser Hinsicht knüpfen sich die thermischen Eigenschaften ganz besonders gut an die geometrischen Eigenschaften an.

Es wäre sehr wichtig, die Mineralien dieser Gruppe in ihren anderen physikalischen Eigenschaften zu studiren. Z. B. ist zu erwarten, dass die Wärmeleitung in dem zur [001] senkrechten Schnitte sich der Isotropie nähert <sup>1)</sup> u. s. f.

1) Diese Erwartung wurde durch directe Beobachtung bestätigt, indem sich die



Von diesem Standpunkte aus ist sehr begreiflich, warum die beiden Spaltungen nach (100) und (040) fast gleich vollkommen sind, und warum neben dem Manebacher Zwillingsgesetze noch Albitzwillinge vorhanden sind. In der letzteren Hinsicht sind aber die geringsten geometrischen Aenderungen durch einen sehr erheblichen Unterschied in der Häufigkeit der Zwillinge ausgeprägt, u. s. w. u. s. w.

Alles zusammengefasst, kommen wir zu einer Reihe von Schlüssen, welche präliminatorisch als die allgemeinen Gesetze der thermischen Ausdehnung der Krystalle aufgefasst werden können. Natürlich ist es bei dem so geringen, zur Verfügung stehenden Material nicht zulässig, ein solches Gesetz als endgültig festgestellt zu erklären. Ich glaube aber, es als ein sehr wahrscheinliches nachgewiesen zu haben. Ausserdem hat die Summe der Kenntnisse über die Feldspathgruppe uns der richtigen Erkenntniss ihrer Structurverhältnisse sehr genähert.

Für die endgültige Aufstellung der Structurart wäre maassgebend, die polymorphen Varietäten und ganz besonders die Wachstumsrichtungen kennen zu lernen. Die letzteren sind jedoch so gut wie unbekannt. Nur eine Wachstumsrichtung nach der Axe [001] ist sehr wahrscheinlich; aber für die sichere Feststellung der Structurart müssen sämtliche Wachstumsrichtungen in Betracht gezogen werden.

Jedenfalls ist es von sehr grosser Wichtigkeit, dass die Mineralien dieser Gruppe in trikliner, monokliner und pseudotetragonaler Syngonie erscheinen. Es giebt sogar Andeutungen dafür, dass in noch mehr erweitertem Sinne dieselben sogar als pseudokubisch bezeichnet werden können, aber für jetzt will ich diese Andeutungen nicht weiter besprechen.

Jene Thatsache beweist auf's Deutlichste, dass eine Raumeinheit der Mineralien dieser Gruppe die Fähigkeit besitzt, eine vierzählige Symmetrieaxe und sonstige Symmetrieelemente der tetragonalen Syngonie aufzunehmen. Die Structurart kann also keineswegs zu denjenigen gehören, welche ich als unwahrscheinliche zusammengefasst hatte, d. h. welche asymmetrisch sind oder nur die einfachsten Symmetrieelemente, wie zweizählige Symmetrieaxe oder Symmetrieebene oder endlich zweizählige zusammengesetzte Symmetrie, besitzen können.

Das Vorhandensein der Zwillingsaxe [110] (Karlsbader Gesetz) macht für mich sogar wahrscheinlich, dass die Raumeinheit ein Heptaparalleloëder ist.

So nahe sind wir der Erkenntniss der inneren Structur der Feldspäthe gekommen. Leider aber sind alle Thatsachen zusammengenommen noch nicht hinreichend, um einen ganz eindeutigen und unangreifbaren Schluss über die Structurart daraus zu ziehen.

---

Erwärmungscurve in der zur Axe [001] senkrechten Fläche als ein ganz deutlicher Kreis erwies.

Zum Schlusse sei noch erlaubt, zu erwähnen, dass die in dieser Arbeit skizzierte Theorie der Thermodynamik der Krystalle nicht nur für triklinen und monokline, sondern auch für andere Syngoniearten ihre Anwendung finden kann, sogar für einaxige Krystalle.

Um die Anwendung derselben an einem einaxigen Krystalle zu demonstrieren, nehmen wir als Beispiel den Calcit.

Natürlich geben wir den beobachteten Thatsachen vollen und genauen Ausdruck, wenn wir sagen, dass die thermischen Eigenschaften desselben durch ein Rotationsellipsoid repräsentirt werden können, und dass der Hauptausdehnungscoefficient in der Rotationsaxe gleich einer Zahl  $\alpha$ , und derselbe für eine Aequatorialrichtung durch eine Zahl  $\beta$  ausgedrückt wird. Nun aber zeigt die directe Beobachtung eine sehr auffallende Erscheinung, nämlich, dass in der letzten Richtung die Ausdehnung eine negative ist, d. h. dass in dieser Richtung nicht eigentlich eine Ausdehnung, sondern eine Zusammenziehung stattfindet.

Hätten wir keine andere Ausdrucksweise dieser beobachteten Thatsache zur Verfügung, so würden wir genöthigt sein, anzunehmen, dass das allgemein gültige Gesetz der Ausdehnung der festen Körper bei der Erwärmung speciell für Krystalle sich als nicht richtig erweist.

Jetzt ist für uns klar, dass alle solche Ausdrücke für die thermischen Erscheinungen nur als relative anzunehmen sind, bis man in die innere Structur des Krystalles tiefer eingedrungen ist und möglichst unangreifbar die richtigen krystallographischen Axen erkannt hat.

Nun aber ist der Calcit gerade dasjenige klassische Mineral, für welches die ersten Vertreter der wissenschaftlichen Krystallographie in dem Rhomboëder die wirkliche Einheit der Structur erkannt haben. Wäre diese, vielleicht die älteste unter allen Anschauungen der wissenschaftlichen Krystallographie, die richtige, so hätten wir für dieses Mineral die Kanten dieses Rhomboëders  $[100]$ ,  $[010]$  und  $[001]$  als die richtigen krystallographischen Axen zu erklären. Nun aber zeigt die directe Beobachtung, dass der Winkel zwischen diesen Geraden bei Temperaturänderungen nicht constant bleibt.

Vom Standpunkte der eben skizzirten Theorie ist es also ganz unentbehrlich, auch das Vorhandensein von Schiebungen mit herbeizuziehen. Da aber der Krystall hexagonal ist, so müssen sämtliche drei Schiebungen nach den Flächen  $(100)$ ,  $(010)$  und  $(001)$  zugleich und in gleicher Weise statthaben. Die Schiebungen lassen aber das Volumen unverändert, und deshalb lassen sich die linearen Ausdehnungscoefficienten als die kubischen Wurzeln der kubischen Ausdehnung berechnen. Folglich erhalten wir für dieselben eine ganz bestimmte positive Grösse, und das allgemeine Gesetz der Ausdehnung durch die Wärme tritt wieder in volle Kraft. Zu wie wesentlichen Resultaten diese Anschauung führen kann, ist daraus zu

ersehen, dass, wenn man eine gesetzmässige Abhängigkeit zwischen linearen Ausdehnungscoëfficienten und irgend welchen anderen Eigenschaften einer Substanz erkennt, es keineswegs gleichgültig ist, ob man die früheren oder die durch die eben entwickelte Anschauung sich ergebenden Zahlen nimmt. Es scheint mir, dass für die richtige Erkenntniss solcher Gesetze nur die letzteren Zahlen brauchbar sind.

Ebenso, wenn man einmal dazu gelangt, den gesetzmässigen Zusammenhang zwischen Schiebungsflächen und einer anderen Eigenschaft des Krystalles, z. B. Spaltflächen, zu erkennen, erweist es sich keineswegs als gleichgültig, ob z. B. in dem Kalkspath das Vorhandensein solcher Schiebungsflächen<sup>1)</sup> zu erkennen oder zu verwerfen ist.

Schon derjenige Umstand, dass es durch diese Anschauung möglich geworden ist, eines der allgemeinsten Naturgesetze aufrecht zu erhalten, scheint mir zureichend, um Versuche lohnend zu finden, diese Anschauung an anderen Beispielen einer genaueren Prüfung zu unterwerfen.

### Resultate.

1) Für den Orthoklas, ebenso wie für die Feldspäthe überhaupt, muss die übliche Aufstellung durch eine andere ersetzt werden, für welche die frühere Axe [400] verticale Stellung und also das Symbol [004] erhält, die [010] ihre Lage behält, die Fläche (20 $\bar{1}$ ) das Symbol (004) und die Fläche (110) das Symbol (1 $\bar{1}$ 1) erhält, oder kurz, die Indices  $p$  durch die Indices  $q$  ersetzt werden, indem

$$p_0 : p_1 : p_2 = q_0 + 2q_2 : -q_1 : q_0.$$

2) Bei dieser Aufstellung erweisen sich Orthoklas und Anorthit (also die Feldspäthe überhaupt) pseudotetragonal, d. h. die Axeneinheiten auf [400] und [010] werden sehr ähnlich, und beide bilden mit der Axe [004] einen dem rechten angenäherten Winkel.

3) Mit dieser Aufstellung stimmen die meisten bekannten physikalischen Eigenschaften der Feldspäthe recht gut überein; unter denselben sogar die optischen, wenn auch die letzteren mehr als andere Eigenschaften innerhalb der Reihe der Feldspäthe auseinandergehen.

4) Nur für diese Aufstellung bilden die Ausdehnungscoëfficienten regelmässige Reihen.

5) Die pseudotetragonale Natur der Feldspäthe kommt hierbei dadurch sehr scharf zum Ausdrucke, dass der relative Ausdehnungscoëfficient für die Axe [004] sich bedeutend grösser erweist als derjenige für die Axe [400], wenn die Axe [010] für die Einheit angenommen wird.

---

1) Natürlich habe ich hier die thermischen und nicht die mechanischen Schiebungsflächen im Sinne. Für Kalkspath sind die letzteren bekanntlich die Flächen (110)<sub>3</sub>, aber wir haben keinen Grund anzunehmen, dass dieselben zugleich die thermischen Schiebungsflächen seien.

6) Ausser der Ausdehnung für die Axen ist noch eine Schiebung nach der Fläche (100) als unentbehrlich anzunehmen, und dann entsprechen die Schiebungsgrössen wieder ziemlich regelmässig der Zunahme der Temperatur.

7) Dieselbe Schiebung gilt für Orthoklas und für Anorthit. Die Schiebungsaxe ist [010]. Die Schiebungsrichtung im Orthoklas ist [001] und im Anorthit natürlich irrational als eine zu [010] senkrechte Richtung.

8) Es ist nicht möglich, für Anorthit diese Schiebung allein gelten zu lassen. Es muss noch eine andere Schiebung mit der Schiebungsfläche (010) herbeigezogen werden. Dann erweist sich als Schiebungsaxe die Axe [101] oder eine derselben sehr nahe Richtung.

Diese durch Beobachtung direct constatirten Thatsachen machen die Annahme folgender Gesetze der thermischen Ausdehnung der Krystalle zulässig, welche übrigens sich auch structur-theoretischen Principien zufolge deductiv herleiten lassen.

9) In jedem Krystalle giebt es drei, im Allgemeinen schief gestellte, Hauptausdehnungsaxen, welche den drei conjugirten Axen der Theorie der homogenen Deformationen entsprechen.

Diese Axen sind die Hauptstructurrichtungen des Krystalles und jedenfalls rational. Bei der richtigen Aufstellung derselben erhält das Gesetz der linearen Ausdehnung längs derselben den regelmässigsten Ausdruck.

10) Ausserdem sind in vielen Krystallen, und zwar sogar in einaxigen, noch Schiebungen anzunehmen. Die Schiebungsflächen sind die wichtigsten Structurflächen, und die Schiebungsaxen die wichtigsten Structuraxen. Auch das Gesetz der Schiebung durch die Wärme erhält bei richtiger Auswahl der Schiebungselemente den regelmässigsten Ausdruck.

11) Für Calcit sind die Hauptausdehnungsrichtungen die Axen  $[100]_3$  und die Schiebungsflächen die Flächen  $(100)_3$ .

12) Das Gesetz der Ausdehnung durch die Wärme erhält wahrscheinlich auch für Krystalle eine allgemeinere Anwendung, als dies gewöhnlich angenommen wird. Speciell für den Calcit war bis jetzt dieses Gesetz durch das Vorhandensein der Schiebungen maskirt.



## XXV. Auszüge.

**1. B. K. Emerson** (in Amherst, Mass.): **Ein mineralogisches Lexikon von Franklin, Hampshire und Hampden Co., Massachusetts** (Bull. U. S. Geol. Surv. Washington 1895, 126).

Das Werk besteht aus einer vollständigen Bibliographie der Mineralien der drei Grafschaften, indem es die Localgeschichte und das Vorkommen eines jeden angibt und zahlreiche vom Verf. gemachte Beobachtungen enthält. Für keine der beobachteten Formen sind die Winkelwerthe angegeben.

Anhydrit, Larraben's Quarry, Northampton, kommt unter dem »Trap« vor. In bläulichen, tafeligen Aggregaten, gewöhnlich schwach strahlig, die Platten bis drei Zoll lang und sehr dünn. Spaltbarkeit parallel {101} ist vorhanden.

Babingtonit, Auskleidungen von Spalten im Gneiss von Buckland bildend, begleitet von Epidot, Natrolith, Chabasit und Quarz. Die Krystalle sind sehr klein und für genaue Messungen ungenügend. Bestimmte Formen:  $c\{001\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $M\{1\bar{1}0\}$ ,  $d\{2\bar{2}1\}$ ,  $g\{1\bar{1}1\}$ . Alle Flächen gestreift. Eine Analyse des nicht ganz frischen Materials von E. A. Schneider ergab:

$SiO_2$	52,48
$TiO_2$	Spur
$Al_2O_3$	1,91
$Fe_2O_3$ (mit $FeO$ )	23,24
$MnO$	0,37
$MgO$	1,55
$CaO$	19,31
$H_2O$ (105°)	0,11
$H_2O$ (über 105°)	1,03
$B_2O_3$	Spur
	100,00

**Biotit, Goshen.** Eine Analyse von G. Steiger ergab:

$SiO_2$	36,96
$TiO_2$	0,91
$Al_2O_3$	21,15
$Fe_2O_3$	2,80
$FeO$	15,54 <sup>1)</sup>
$CaO$	0,23
$MgO$	7,87
$K_2O$	7,47
$Na_2O$	1,00
$H_2O$	2,93 <sup>2)</sup>
	96,86

1) Die Bestimmung ist ungenügend wegen eines grossen Gehaltes an unlöslichem Rückstand.

2) Wasserbestimmung von A. J. Hoppins.

Datolith. Er kommt reichlich in Krystallen von grosser Schönheit im Diabas zu Durfield vor. Beschrieben in Am. Journ. Sc. 1882, 24, 252 (s. diese Zeitschr. 9, 86), aber eine revidirte Liste der beobachteten Formen wird hier angegeben<sup>1)</sup>:

$a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $o\{120\}$ ,  $l\{130\}$ ,  $u\{104\}$ ,  $v\{103\}$ ,  $x\{102\}$ ,  $s\{302\}$ ,  $\pi\{101\}$ ,  $\xi\{102\}$ ,  $\Omega\{018\}$ ,  $\sigma\{104\}$ ,  $t\{013\}$ ,  $g\{012\}$ ,  $m_x\{011\}$ ,  $n\{111\}$ ,  $\varepsilon\{112\}$ ,  $\lambda\{113\}$ ,  $\mu\{114\}$ ,  $k\{115\}$ ,  $q\{312\}$ ,  $\vartheta\{212\}$ ,  $\Theta\{1.4.14\}$ ?,  $\pi\{231\}$ ,  $R\{241\}$ ,  $\beta\{121\}$ ,  $Q\{122\}$ ,  $U\{123\}$ ,  $\gamma\{124\}$ ,  $T\{214\}$ ,  $i\{123\}$ ,  $B\{121\}$ ,  $C\{125\}$ ,  $E\{138\}$ ,  $F\{5.15.24\}$ ,  $K\{158\}$ ,  $G\{1.9.16\}$ ..

Almandin von Goshen etc. An diesem Fundorte zeigen die Krystalle eine merkwürdige Structur. »Vom Centrum ausgehend ziehen sich sechs radiale Bänder von Quarzkörnern nach auswärts in das sonst klare Material, das allmählich wolkig wird durch einen sehr feinen Staub, der zu einem Maximum anwächst. Ein äusseres klares Band umschliesst dies mit Ausläufern in die Kanten.« Eine Analyse von G. Steiger ergab:

$SiO_2$	37,30
$TiO_2$	0,24
$Al_2O_3$	21,84
$Fe_2O_3$	0,98
$FeO$	32,62
$MnO$	1,86
$CaO$	3,19
$MgO$	2,50
	<hr/> 100,53

Gedrit, die Varietät des Anthophyllit mit Aluminium, kommt als Gestein in Warwick vor. Braune Krystalle, mit Einschlüssen von Rutil, zeigen mässigen Pleochroismus. Optisch negativ. Zersetzt zu Steatit, der in der Nähe gebrochen wird. Die Analysen, welche E. A. Schneider I. von dem vom Gestein getrennten Mineral und L. G. Eakins II. vom Gestein machten, ergaben:

	I.	II.
$SiO_2$	47,86	50,65
$TiO_2$	0,63	0,50
$Al_2O_3$	14,09	13,03
$Cr_2O_3$	—	Spur
$Fe_2O_3$	0,33	0,27
$FeO$	13,41	12,67
$MnO$	0,14	0,15
$MgO$	19,89	19,96
$CaO$	0,57	1,73
$K_2O$	0,06	0,04
$Na_2O$	0,93	1,37
$H_2O$	2,46	2,96
$P_2O_5$	0,05	Spur
	<hr/> 100,42	<hr/> 100,33

Halit. Der schwarze triassische Thonschiefer in der Nähe von West-Springfield zeigt weisse Streifen von Calcit, welche in Quadraten, Dreiecken

1) Der Verf. folgt Dauber, indem er  $M_x$  zum primären Prisma nimmt. Die hier gegebenen Formen sind diejenigen nach Dana (Syst. Min. 6. Aufl., 1892, 502). Der Ref.

und in Linien, die von den Ecken kleiner Quadrate ausstrahlen, angeordnet sind, was zuerst von Herrn B. Harsford entdeckt wurde. Sie wurden zuerst auf Chiasolith zurückgeführt, aber, wie der Verf. zeigt, sind es zweifellos Pseudomorphosen nach Steinsalzkrystallen, welche in dem ursprünglichen Schlamm sich abgesetzt hatten.

Serpentin. Folgende Analysen werden angegeben:

- 1) Pseudomorph nach Enstatit. Grauville. Von G. Steiger.
- 2) Dunkelgrün. Rowe. Von G. Steiger.
- 3) Schwarz, Bastit enthaltend. Russel. Von G. Steiger.
- 4) Dunkelgrün, Chromit enthaltend. Nord-Blandford. Von G. Steiger.
- 5) Grauer Serpentin in Talk. Chester. Von G. Steiger.
- 6) Strohgelb, faserig, ringsum pseudomorph Olivin, Middlefield. Von Frl. H. P. Cook.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
$\text{SiO}_2$	37,82	40,42	36,94	39,14	33,87	40,27
$\text{TiO}_2$	Spur	—	Spur	—	—	—
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,64	1,86	0,50	1,18	0,77	5,74
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	7,92	2,75	6,04	4,46	2,81	
$\text{FeO}$	1,15	4,27	1,94	3,14	4,25	
$\text{FeS}_2$	—	0,43	—	—	—	—
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0,19	0,28	0,33	0,33	0,38	—
$\text{NiO}$	0,45	0,53	0,40	0,47	0,33	—
$\text{CoO}$	0,05	Spur	—	Spur		—
$\text{MnO}$	—	Spur	Spur	—	0,04	—
$\text{CaO}$	—	0,66	—	—	—	—
$\text{BaO}$	—	—	—	—	—	—
$\text{MgO}$	37,94	35,95	38,33	41,45	38,57	40,00
$\text{K}_2\text{O}$	Spur	Spur	—	—	—	—
$\text{Na}_2\text{O}$						
$\text{H}_2\text{O}$ bei $100^\circ$	0,75	0,24	0,71	0,34	0,38	0,69
$\text{H}_2\text{O}$ über $100^\circ$	12,50	10,51	12,07	9,48	7,00	13,61
$\text{SO}_3$	—	Spur	0,20	—	0,20	—
$\text{P}_2\text{O}_5$	Spur	Spur	Spur	0,02	Spur	—
$\text{CO}_2$	—	1,44	1,85	—	10,82	—
	99,38	99,34	99,34	100,01	99,42	100,31

Stolzit, von der Manhan Lead-Mine, Southampton. Zuerst identificirt von C. U. Shepard im Jahre 1866. Nach dem Verf. sind die kleinen, schwarzen Krystalle prismatisch und zeigen folgende Formen:  $n\{111\}$ ,  $e\{101\}$ ,  $\{\pi 120\}$  auch holödrisch an einem Krystall,  $\{\pi 131\}$  und  $\{\pi 342\}$ .

Wulfenit von Londville. Farbe grau, gelb bis roth. Graue Krystalle zeigen keine Hemiëdrie, waren aber gewöhnlich hemimorph. Beobachtete Formen:  $c\{001\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $q\{310\}$ ,  $v\{650\}$ ?,  $b\{1.0.16\}$ ,  $\beta\{1.0.12\}$ ,  $z\{205\}$ ,  $u\{102\}$ ,  $e\{101\}$ ,  $w\{1.1.16\}$ ,  $\mathcal{P}\{1.1.12\}$  neu,  $s\{113\}$ ,  $n\{111\}$ ,  $\gamma\{443\}$  neu,  $r\{332\}$ ,  $d\{221\}$ ,  $\mathcal{O}\{7.1.75\}$ . Chrom ist vorhanden, während Vanadium fehlt.

Ref.: H. S. Washington.

**2. A. C. Gill** (in Ithaka, N. Y.): **Krystallform des Paranthracens** (aus: Orndorff und Cameron, Paranthracene or Dianthracene etc. Amer. Chem. Journ. 1895, 17, 667). — Die mit Anthracen polymere Substanz krystallisirt rhombisch.

$$a : b : c = 0,6762 : 1 : 1,5734.$$

Dünne Tafeln {001} mit den Randflächen {010}, {111}, welche oft unsymmetrisch entwickelt sind.

$$\begin{aligned} (111):(001) &= *70^{\circ} 24' \\ (111):(010) &= *58 \quad 9 \end{aligned}$$

Doppelbr. für (001) = 0,39. Erste Mittellinie der optischen Axen  $\perp$  (001), Axenwinkel in Wasser =  $81^{\circ} 34'$  (Na).

Das Verhältniss  $a : b$  ist sehr ähnlich dem Verhältniss zweier entsprechender Axen des monoklinen Anthracens.

Ref.: P. Groth.

**3. Tadasu Hiki** (in Tokyo, Japan): **Ueber den Topas von Mino** (Journ. Coll. of Sc., Imp. Univ., Japan. Tokyo 1895, 9, 69). Die Topaskrystalle aus der Prov. Mino (Central-Japan) finden sich in den zinnführenden Sanden der Nebenflüsse des Kiso und stammen aus dem Granit der »Kiso Range«. Die grösseren Exemplare sind meist abgerieben, kleinere Krystalle dagegen oft scharf, besonders die seltener in Rauchquarzgängen im zersetzten Granit gefundenen. In den Sanden sind die Begleiter des Topas: Kassiterit, Magnetitsand, Rauchquarz, Turmalin, Beryll, Muscovit, Biotit, Orthoklas, Plagioklas, Sapphir, Gold, Pyrit, Fluorit, Wolf-ramit, Fergusonit (?) etc. Als Einschlüsse in den Topaskrystallen kommen, ausser Flüssigkeiten mit Libellen, Kassiterit, Turmalin und Chlorit vor.

Beobachtete Formen:  $M\{110\}$ ,  $l\{120\}$ , weniger häufig  $m\{230\}$  und  $g\{130\}$ , durch Streifung angedeutet:  $O\{560\}$ ,  $\pi\{250\}$ ,  $\lambda\{470\}$  und  $T\{350\}$ ;  $f\{011\}$ , weniger häufig  $y\{021\}$ , während die an den Krystallen von Omi sehr häufige Form  $X\{023\}$  nur an zwei Exemplaren beobachtet wurde;  $d\{101\}$  häufig,  $h\{103\}$  selten;  $u\{112\}$ ,  $o\{111\}$ ,  $i\{113\}$ ,  $v\{122\}$ ,  $p\{121\}$ ,  $x\{123\}$ , die letzten dreinur an kleinen Krystallen und nicht häufig;  $c\{001\}$  fast nur an kleinen Exemplaren,  $b\{010\}$  häufig, ( $a\{100\}$  nicht beobachtet). Die Winkel stimmen sehr genau mit den von Kokscharow berechneten überein ( $a : b : c = 0,52836 : 1 : 0,95117$ ). An den grösseren Krystallen herrschen gewöhnlich  $M$ ,  $l$  und  $f$  stark vor, während die kleineren flächenreicher und mehr pyramidal entwickelt sind. Die wenigen, an beiden Enden ausgebildeten Krystalle zeigten nicht die gleiche Entwicklung an denselben.

Natürliche Aetzfiguren: auf {001} Rectangeln, verlängert nach  $b$ , auf {011} gleichschenkelige Dreiecke, auf {112} feine Linien, auf {111} rectanguläre Vertiefungen und gleichseitig-dreieckige Erhöhungen mit einer horizontalen Seite, auf  $M$  vertical verlängerte Eindrücke.

Meist durchsichtig, zuweilen grün oder roth, welche Farben im Sonnenlichte verbleichen; beob. Pleochroismus:  $a$  himmelblau,  $b$  rosa,  $c$  gelb;  $a > b > c$ ; zuweilen ungleiche Vertheilung der Färbung:

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$2V$	$2E$
für Na-Gelb:	4,6134	4,6178	4,6233	$62^{\circ} 52'$	$415^{\circ} 5'$
für Sr-Roth:	4,6113	4,6142	4,6162	62 24	413 33

Spec. Gew. 3,556—3,566.

Ref.: P. Groth.



4. **A. G. Högbom** (in Upsala, früher in Stockholm): **Mineralien von Alnö** (Ueber das Nephelinsyenitgebiet auf der Insel Alnö. Geol. Fören. Förh. 1895, 17, 100).

Aus dieser umfangreichen, deutsch geschriebenen, petrographisch-geologischen Arbeit ist an dieser Stelle über einige Mineralanalysen zu berichten.

S. 137. Baryumhaltiger Orthoklas, analysirt von N. Sahlbohm:  $\text{SiO}_2$  62,10,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  19,46,  $\text{FeO}$  Spur,  $\text{MgO}$  1,08,  $\text{CaO}$  0,89,  $\text{BaO}$  1,45,  $\text{K}_2\text{O}$  12,85,  $\text{Na}_2\text{O}$  1,49, Glühverlust 0,67; Summe 99,69.

S. 145. Melanit, analysirt von N. Sahlbohm:  $\text{SiO}_2$  31,45,  $\text{TiO}_2$  6,73,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mit wenig  $\text{FeO}$  23,83,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  3,14,  $\text{MnO}$  0,58,  $\text{CaO}$  33,44,  $\text{Na}_2\text{O}$  0,68; Summe 99,93.

S. 148. Zirkon, analysirt von P. J. Holmquist:  $\text{SiO}_2$  29,68,  $\text{ZrO}_2$  64,94,  $\text{TiO}_2$  Spur,  $\text{MnO}$  0,28,  $\text{FeO}$  1,15,  $\text{H}_2\text{O}$  3,86; Summe 99,94.

Ref.: H. Bäckström.

5. **Derselbe**: **Beryll als Neubildung in einer Pseudomorphose nach Beryll** (Ebenda 412).

Eine mehrere Decimeter grosse Pseudomorphose nach Beryll von Änneröd bei Moss zeigte in der blassgelben, etwas erdigen Hauptmasse Drusenräume mit strohgelben oder farblosen, bis centimetergrossen Beryllkrystallen.

Die ganze Pseudomorphose besteht ausserdem hauptsächlich aus einem Aggregate von regellos orientirten Beryllkrystallen. Daneben finden sich Chlorit und Kaolin oder Muscovit. Der hier auftretende Beryll wird als secundär aus den Umbildungsproducten des früher vorhandenen, einheitlichen Beryllkrystalles regenerirt betrachtet.

Ref.: H. Bäckström.

6. **A. G. Nathorst** (in Stockholm): **Achat als Spaltenfüllung in dem Varberg-Granit** (Ebenda 543).

In dem sogenannten »Varberg-Granit« (»Diallag-Amphibolit« nach Svedmark) von Varberg finden sich auf horizontalen Spalten bis centimeterdicke Absetzungen von Achat von blassröthlicher Farbe.

Ref.: H. Bäckström.

7. **H. Bäckström** (in Stockholm): **Ein dem Pinakolith nahestehendes Mineral von Långban** (Ebenda 257).

Das Mineral kommt in körnigem Dolomit mit Hausmannit, einem bräunlichen Arseniate und bisweilen Pinakolith zusammen vor. Es ist eisenschwarz und metallglänzend und als lange, gestreifte Stengel ohne terminale Flächen ausgebildet. In der Prismenzone herrscht ein Prisma  $\{110\}$  mit einem Prismenwinkel von  $68^\circ 36\frac{1}{2}'$  vor, daneben kommen  $\{120\}$  und  $\{210\}$  vor. Aus dem angeführten Werthe des Prismenwinkels berechnet sich das Axenverhältniss  $a:b = 0,6823:1$ .

Spec. Gew. = 3,935. H. = 6. Spaltbarkeit nicht beobachtet. Das Mineral wird in äusserst dünnen Schliffen mit dunkelbrauner Farbe durchscheinend. Die Auslöschung geht parallel der Prismenzone, und diese Richtung ist die Richtung der grössten Absorption. Das Mineral ist demnach wahrscheinlich rhombisch.

Das Mineral löst sich in Chlorwasserstoffsäure unter Entwicklung von Chlorgas. Die chemische Zusammensetzung ist derjenigen des Pinakolith sehr analog, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht:

		Pinakolith nach Flink 1):
$B_2O_3$	13,92	15,65
$Fe_2O_3$	10,52	2,36
$MnO$	46,95	45,94
$O$	3,45	4,34
$CaO$	1,35	1,09
$PbO$	1,22	0,76
$MgO$	22,36	28,58
$H_2O$	—	0,47
$SiO_2$	0,78	1,21
	100,55	100,40

In Bezug auf chemische Zusammensetzung, spezifisches Gewicht, Härte und optische Eigenschaften schliesst sich das Mineral demnach dem Pinakolith an, dagegen ist das Axenverhältniss 0,6823 : 1 unvereinbar mit dem Axenverhältnisse des Pinakoliths 0,83385 : 1 : 0,58807; das neue Mineral ist stenglig, ohne Pina-koide und ohne Zwillingsbildungen, der Pinakolith ist tafelförmig nach {010} und zeigt eine charakteristische Zwillingsbildung. Vorläufig wird kein neuer Name in Vorschlag gebracht.

Ref.: H. Bäckström.

#### 8. Hj. Sjögren (in Nynäs, Ösmo, Schweden): Untersuchungen an schwedischen Mineralien (Geol. Fören. Förh. 1895, 17, 268).

1. Analysen zweier Vesuvianvarietäten und über die chemische Constitution des Vesuvians im Allgemeinen. Es wurden theils ein Manganvesuvian von der Harstigsgrube bei Pajsberg, theils ein hellgrüner Vesuvian von Vatica bei Nischni Tagil untersucht. — Der Manganvesuvian von Harstigen hatte das spec. Gew. 3,450 bei 18°. Es konnten darin weder  $TiO_2$  noch  $FeO$  nachgewiesen werden, doch fanden sich Spuren von  $NiO$  oder  $CuO$ . Der Glühverlust betrug 3,06 % (nicht 2,06, wie im Original durch Druckfehler steht; durch diese Berichtigung fällt die Kritik von Weibull in dieser Zeitschr. 25, 19 weg).

Der Vesuvian von Vatica, worin S. Rudbeck 2,31 %  $Cr_2O_3$  gefunden hatte (Geol. Fören. Förh. 1893, 605), enthält nur Spuren von  $Cr$ , daneben fanden sich Spuren von  $P_2O_5$ , dagegen keine  $B_2O_3$ . Glühverlust = 3,42 %. Spec. Gew. 3,365.

		Harstigen:	Vatica:	
$SiO_2$	35,38	0,585	36,82	0,610
$TiO_2$	—	—	0,40	0,005
$Al_2O_3$	10,19	0,100	15,14	0,148
$Fe_2O_3$	8,14	0,051	4,29	0,027
$FeO$	—	—	0,37	0,005
$MnO$	4,81	0,068	—	—
$CaO$	34,18	0,610	36,22	0,647
$MgO$	4,39	0,109	3,72	0,092
$K_2O$	0,47	0,005	0,12	0,001
$Na_2O$	0,46	0,007	0,48	0,003
$H_2O$	1,46	0,081	3,13	0,174
$Fl$	1,99	0,104	0,46	0,012
	101,47		100,85	
Abzug für $Fl$	0,83		0,19	
	100,64		100,66	

1) Diese Zeitschr. 1890, 18, 361.

Als generelle Formel der Vesuviane stellt Verf. die Formel  $[Al(SiO_4)_3R_4]_2R$  auf (vergl. übrigens diese Zeitschr. 25, 33).

2. Analyse des Axinit von Nordmarken und von Dannemora und über die chemische Constitution des Axinit. Es wurden analysirt theils ein brauner Axinit von Nordmarken, spec. Gew. 3,30, Analyse A. von Mauzelius, B. von A. Cleve ausgeführt, theils eine graue Varietät von derselben Localität, spec. Gew. 3,28, Analyse C., endlich ein Axinit von Dannemora, spec. Gew. 3,30, Analyse D., die beiden letzteren analysirt von R. Mauzelius.

	A.	B.	C.	D.
$SiO_2$	42,40	42,55	42,40	41,96
$B_2O_3$	4,88	4,20	4,71	4,61
$Al_2O_3$	17,26	16,37	17,39	17,69
$Fe_2O_3$	1,33	3,79	0,59	0,81
$FeO$	4,27	4,06	4,89	3,61
$MnO$	6,97	7,69	6,16	8,51
$CaO$	19,53	19,28	19,57	19,71
$MgO$	1,30	1,02	1,69	0,97
$K_2O$	0,21	—	0,25	—
$Na_2O$	0,25	0,10	0,24	—
$H_2O$	1,90	1,33	1,64	1,93
$Fl$	Spur	—	0,22	1,11
	100,30	100,39	99,75	100,91
O entspr. $Fl$	—	—	0,09	0,47
	100,30	100,39	99,66	100,44

Verf. stellt für Axinit die Orthosilicatformel  $BAl[SiO_4]_5R_7$ , worin  $R = \frac{2}{3}Al$ ,  $Fe$ ,  $Ca$  . . .  $H_2$ , oder alternativ die Metasilicatformel  $R_4[SiO_3]_5-Al-BO_2$  auf und giebt letzterer den Vorzug.

3. Periklas von den Långbansgruben. Schliesst sich in seinem Vorkommen und Aussehen dem in dieser Zeitschr. 15, 106 von A. Sjögren beschriebenen Periklas von Nordmarken nahe an.

4. Tilasit oder Fluoradelit von Långban. Das Mineral kommt mit gelbem Berzelit und Kalkspath zusammen als Adern in dem Hausmannit-führenden, dolomitischen Kalkstein von Långban vor. Es ist grau mit einem Stich in's Violette, hat Glasglanz auf den Spaltflächen und Fettglanz auf Bruchflächen. Es wurde nicht in wohlausgebildeten Krystallen angetroffen, nur als 5—10 mm grosse Körner. Das Mineral besitzt eine sehr deutliche Spaltbarkeit A, senkrecht oder nahezu senkrecht dagegen steht die spitze Bisectrix. Daneben finden sich drei weniger ausgeprägte Spaltrichtungen, B, C, D. Von diesen ist B die deutlichere und schliesst auf A mit der optischen Axenebene einen Winkel von  $30^\circ$  ein; C dagegen  $34^\circ$  und D etwa  $90^\circ$ . Auf einer Platte senkrecht gegen A und die stumpfe Bisectrix macht B einen Winkel von  $19^\circ$  und C einen von  $28^\circ$  mit der Axenebene. Diese Beobachtungen scheinen auf das triklone Krystallsystem hinzudeuten.

Spec. Gew. des Minerals 3,28. Eine von R. Mauzelius ausgeführte Analyse ergab:

$As_2O_5$	50,91	0,222		0,97
$FeO$	0,14	0,002		
$MnO$	0,16	0,002		
$CaO$	25,32	0,452	0,913	4,00
$MgO$	18,22	0,452		
$Na_2O$	0,29	0,005		
$H_2O$	0,28	0,016		
$Cl$	0,02	0,000	0,233	1,02
$Fl$	8,24	0,217		
	103,58			
$O$ entspr. $Fl$	3,47			
	100,11			

Die Formel des Minerals wird demnach  $(Fl-Mg)CaAsO_4$  und schliesst sich dem vom Verf. früher beschriebenen Adelit<sup>1)</sup> sehr nahe an, da dieser  $(HO-Mg)CaAsO_4$  ist. Es wird deshalb für das neue Mineral der Name Fluoradelit oder Tilasit — nach dem schwedischen Bergwissenschaftler Daniel Tilas — in Vorschlag gebracht.

5. Ueber Pseudomorphosen von Serpentin nach Chondrodit, Tremolit und Dolomit von der Kogrube bei Nordmarken. Die früher<sup>2)</sup> vom Verf. beschriebenen Humitminerale von Nordmarken sind sehr häufig in Serpentin umgewandelt. Dieselbe Umwandlung trifft auch die vergesellschafteten Mineralien Tremolit und Dolomit. Auch finden sich Pseudomorphosen von Kalkspath oder Dolomit nach Chondrodit. Diese Umwandlungsprocesse schliessen sich den von J. D. Dana von der Tilly Foster-Grube, N. Y., beschriebenen sehr nahe an. Es entspricht in der unten gegebenen Zusammenstellung der Analysen: A. weniger, B. stärker umgewandeltem Chondrodit, C. serpentinisirtem Tremolit, spec. Gew. 2,64 und D. Serpentin nach Dolomit, spec. Gew. 2,47. Sämmtliche Analysen sind mit bei 120° getrocknetem Material ausgeführt und zwar von R. Mauzelius mit Ausnahme derjenigen Nr. A., welche von J. G. Andersson ausgeführt ist.

	A.	B.	C.	D.
$SiO_2$	31,19	42,07	24,83	42,30
$CO_2$	7,08	Spur	18,07	Spur
$Fe_2O_3$	—	1,26	—	1,50
$FeO$	2,37	4,34	1,53	1,66
$MnO$	0,74	3,36	0,72	1,54
$CaO$	15,98	0,76	23,44	0,22
$MgO$	29,60	34,57	23,93	37,75
$H_2O$	9,46	12,89	6,65	14,14
$Fl$	4,83 <sup>3)</sup>	0,91	1,95	1,15
	101,25	100,13	101,12	100,23
$O$ entspr. $Fl$	2,03	0,38	0,82	0,48
	99,22	99,75	100,30	99,75

6. Ueber Copiapit, ein für Schweden neues Mineral von der Grube bei Falun, sowie über die chemische Formel des Botryogen.

1) Diese Zeitschr. 23, 153 und 24, 145.

2) Ebenda 26, 94.

3) Im Original steht durch Druckfehler 4,33.



Auf alten Botryogenstufen von Falun wurden Aggregate von schwefel- bis citronengelben, mikroskopischen Krystallen gefunden, welche sich als Copiapit erwiesen. Unter dem Mikroskope zeigen sie Winkel, welche mit den an Copiapit gefundenen übereinstimmen; es liessen sich die folgenden Flächen bestimmen:  $b\{010\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $s\{015\}$ ,  $o\{\bar{4}49\}$ ; die Krystalle sind tafelförmig nach  $\{010\}$ . Eine von R. Mauzelius ausgeführte Analyse ergab:

$SO_3$	38,48
$Fe_2O_3$	24,46
$FeO$	0,27
$MnO$	0,16
$ZnO$	0,58
$MgO$	3,75
$H_2O$	32,39
Ungelöst	0,09
	<hr/> 100,18

Das Analysenmaterial war lufttrocken. Bei  $400^0$  werden  $34,14 \frac{0}{0} H_2O$  abgegeben. Verf. berechnet für das Mineral die Formel

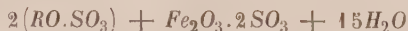


Spec. Gew. 2,08.

Der zusammen vorkommende Botryogen (spec. Gew. 2,13) wurde ebenfalls von Mauzelius analysirt; zum Vergleiche wird angeführt eine in den mineralogischen Handbüchern nicht aufgenommene, 1862<sup>1)</sup> von P. T. Cleve ausgeführte Analyse des Botryogen von Falun, welche sehr grosse Uebereinstimmung zeigt.

Mauzelius:				Cleve:		
$SO_3$	37,78	0,472	4,00	37,64	0,470	4
$Fe_2O_3$	19,60	0,122	1,03	18,73	0,117	1
$FeO$	0,38	0,005		0,53	0,007	
$MnO$	0,44	0,006	1,90			1,97
$ZnO$	2,50	0,032		4,82	0,060	
$MgO$	7,31	0,182		6,65	0,195	
$H_2O$	34,39	1,743	15,78	34,04	1,722	14,66
Ungelöst	0,21			0,27		
	<hr/> 99,61			<hr/> 99,68		

Cleve stellte die Formel auf:



und da dieselbe auch sehr gut der neuen Mauzelius'schen Analyse entspricht, adoptirt sie Verf. unter der Form



7. Mauzeliit, ein neues Antimoniat von Jakobsberg. Das betreffende Mineral ist dem Monimolit von Pajsberg und Långban recht ähnlich. Es kommt mit rosenrothem Sva-bit und grobkrystallinem Kalkspath auf 1—2 cm brei-

1) Upsala Universitets Årsskrift 1862, S. 22.

ten Spalten in einer Mischung von Hausmannit, Kalkspath, gelbem Granat, derbem Schefferit und Manganophyll vor, und zwar in halbcentimetergrossen, eingewachsenen Krystallen von brauner Farbe. Die Krystalle sind regulär und zeigen die Combination  $\{111\}$ ,  $\{100\}$  und  $\{311\}$ . Spec. Gew. 5,44. Unlöslich in Flusssäure. Pulver gelbweiss. Eine von R. Mauzelius ausgeführte Analyse ergab:

$Sb_2O_5$	59,25	0,185
$TiO_2$	7,93	0,097
$PbO$	6,79	0,030
$FeO$	0,79	0,011
$MnO$	1,27	0,018
$CaO$	17,97	0,321
$MgO$	0,11	0,003
$K_2O$	0,22	0,002
$Na_2O$	2,70	0,044
$H_2O$	0,87	0,048
$Fl$	[3,63]	0,096
	101,53	
O entspr. $Fl$	1,53	
	100,00	

Fluor ist nach qualitativer Prüfung reichlich vorhanden, wurde aber hier aus dem Verluste berechnet. Beim Glühen entweicht kein  $HFl$ , daher der Glühverlust als Wasser angenommen wurde. Es kommen nur Spuren von  $As$  vor,  $B$  und  $S$  dagegen nicht.

Es werden verschiedene Deutungsversuche gemacht, keiner aber von definitivem Charakter, ein solcher soll aber, wie ich höre, bald erscheinen.

Das neue Mineral wurde nach dem verdienten schwedischen Mineralanalytiker R. Mauzelius benannt.

Ref.: H. Bäckström.

**9. Hj. Sjögren** (in Nynäs, Ösmo, Schweden): **Celsian**, ein dem Anorthit entsprechender Baryumfeldspath von Jakobsberg (Geol. Fören. Förh. 1895, 17, 578).

Baryumhaltige Feldspäthe sind seit langem von den Jakobsberger Mangangruben bekannt, das hier beschriebene und nach dem schwedischen Naturforscher Anders Celsius benannte Mineral ist aber der bisher unbekannte reine Baryumanorthit  $BaAl_2Si_2O_8$ . Das Mineral kommt mit feinkörnigem Schefferit und Manganophyll zusammen vor. Krystalle wurden bis jetzt nicht angetroffen. Es findet sich eine gut ausgeprägte Spaltbarkeit nach  $P\{001\}$ , ferner eine ziemlich deutliche nach  $M\{010\}$ , sowie weniger deutliche nach  $\{110\}$  und  $\{1\bar{1}0\}$ . Der Winkel  $P:M$  wurde an Spaltstücken zu  $89^\circ 37'$  und  $89^\circ 34'$  gemessen. Platten nach  $\{001\}$  zeigen gegen die Kante zu  $\{010\}$  eine Auslöschungsschiefe von  $3^\circ 40'$ ; die spitze Bisectrix tritt etwas schief aus. Auf  $M\{010\}$  ist die Auslöschungsschiefe gegen  $\{001\}$   $26^\circ 45'$ , keine Axe ist sichtbar. Der Celsian ist demnach triklin. Die Härte ist über 6. Spec. Gew. 3,37. Die von R. Mauzelius mit bei  $110^\circ$  getrocknetem Material ausgeführte Analyse ergab:

$SiO_2$	32,43	0,537
$Al_2O_3$	26,55	0,260
$Fe_2O_3$	0,12	0,000
$BaO$	39,72	0,259
$CaO$	0,23	0,004
$MgO$	0,11	0,003
$K_2O$	0,22	0,002
$Na_2O$	0,16	0,003
$H_2O$	0,64	—
$Fl$	0,64	0,017
	100,82	
$O$ entspr. $Fl$	0,27	
	100,55	

Wird  $Fl$  als ( $RFI$ ) angenommen, so verhalten sich

$$SiO_2 : R_2O_3 : RO = 2 : 0,97 : 0,95,$$

was einem 4,30 % Orthoklas und 1,36 % Albit enthaltenden Baryumfeldspath  $BaAl_2Si_2O_8$  entspricht.

Ref.: H. Bäckström.

**10. O. Nordensköld** (in Upsala): **Krystallographische und optische Untersuchung von Edingtonit** (Geol. Fören. Förh. 1895, 17, 597).

**G. Lindström** (in Stockholm): **Analyse des Edingtonit von Bölet** (Öfvers. Vet.-Akad. Förh. 1896, 18, 469).

Das sehr seltene Mineral Edingtonit wurde von G. Lindström bei den Mangangruben von Bölet in Westergothland, Schweden, neuerdings aufgefunden. Eine chemische Analyse ergab die folgenden Werthe, zum Vergleiche mit welchen die früher vorhandene Analyse des Edingtonit von Kilpatrik mit aufgeführt wurde:

	Kilpatrik:	Bölet:	Quotienten:	
$SiO_2$	36,98	36,37	0,602	3,06
$Al_2O_3$	22,63	20,06	0,497	1
$Fe_2O_3$	—	0,04	—	
$BaO$	26,84	29,99	0,496	0,204
$CaO$	Spur	0,16	0,003	
$MnO$	—	0,06	—	
$Na_2O$	Spur	0,20	0,003	
$K_2O$	—	0,21	0,002	1,04
$H_2O$	12,46	13,12	0,729	
	98,91	100,21		3,70

Daneben wurden Spuren von  $Cl$  vorgefunden, eine Prüfung auf  $Fl$ ,  $Sr$  und  $Li$  hatte dagegen keinen Erfolg. — Bei einer zweiten Wasserbestimmung wurden 13,08 % gewonnen. Von dem Wasser wurden 3,82 % bei 100° abgegeben. Das Wasser wird bei steigender Temperatur allmählich abgegeben und wird, falls das Mineral nicht allzu stark erhitzt war, wieder aufgenommen. Bei mehreren Versuchen zeigte sich, dass das zu 155° erhitzte Mineral der Feuchtigkeit der Luft ausgesetzt unter Decrepitation Wasser aufnimmt und zu einer woll-ähnlichen Masse transformirt wird. Wie die quantitativen Versuche zeigten, wurde hierbei der ganze Wassergehalt (13,18 resp. 13,25 %) wieder aufgenommen.

Das spec. Gew. des Minerals wird von Lindström zu 2,782, von Nordenskiöld zu 2,776 angegeben.

Ueber die kristallographische und optische Untersuchung der bis 3 cm grossen Krystallindividuen von O. Nordenskiöld wurde bereits in dieser Zeitschr. 27, 629 referirt. Der vorliegenden schwedischen Publication ist nur hinzuzufügen, dass ein Zwilling nach {110} beobachtet wurde.

Ref.: H. Bäckström.

**11. H. Hedström** (in Stockholm): **Krystallform einiger Hydroxylamin-derivate** (in Kjellin und Kuylenstjerna »Om några nya hydroxylaminderivat«, Öfvers. Vet.-Akad. Förh. 1895, 121).

Diäthylthioharnstoff  $(C_2H_5)(OH)N-CS-N.H.C_2H_5$ , Schmelzpunkt  $84^0$ . Dargestellt aus Aethylisocyanat und Aethylhydroxylamin. Krystalle aus Benzol. Krystallisirt monosymmetrisch mit dem Axenverhältniss

$$a:b:c = 2,8676:1:0,8809; \beta = 86^0 5'.$$

Beobachtete Formen  $a\{100\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $d\{101\}$ ,  $e\{\bar{1}01\}$ ,  $m\{110\}$ . Kleine, glänzende, farblose Krystalle, tafelförmig nach {100}.

	Berechnet:	Gemessen:	Grenzwerthe:	Anzahl der Messungen:
$(100):(001) =$	—	$86^0 5'$	$85^0 3' - 86^0 55'$	8
$(100):(110)$	—	$70 44$	$70 49 - 71 20$	6
$(004):(\bar{1}04)$	—	$17 23$	$16 51 - 17 56$	3
$(004):(110)$	$88^0 17'$	$88 27$	$88 3 - 88 53$	7
$(101):(110)$	$83 40$	$83 15$	$83 0 - 83 25$	4
$(100):(101)$	$69 25$	$69 14$	—	1
$(100):(\bar{1}01)$	$76 32$	$76 23$	—	1
$(004):(101)$	$16 40$	$15 49$	—	1

Deutliche Spaltbarkeit nach {001}. Die Ebene der optischen Axen ist {010}.

Allylmethoxythioharnstoff  $(CH_3)(OH)N-CS-N.H.C_3H_5$ . Schmelzpunkt  $54^0 - 55^0$ . Darstellung analog wie beim vorigen. Krystalle aus Benzol.

Krystallisirt monosymmetrisch mit dem Axenverhältniss

$$a:b:c = 0,60264:1:??; \beta = 74^0 8'.$$

Beobachtete Formen  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $m\{110\}$ . Farblose, glänzende Krystalle von prismatischem Habitus.

	Mittel:	Grenzwerthe:	Anzahl der Messungen:
$(100):(001) =$	$74^0 8'$	$73^0 33' - 74^0 48'$	6
$(100):(010)$	$90 4$	$89 41 - 90 21$	8
$(100):(110)$	$30 6$	$29 59 - 30 13$	2
$(010):(110)$	$59 54$	$59 37 - 60 12$	2
$(010):(001)$	$89 59$	$89 39 - 90 41$	6

Ebene der optischen Axen {010}. Eine Auslöschungsrichtung auf {010} macht mit der Verticalaxe einen im spitzen Winkel  $\beta$  gelegenen Winkel von etwa  $10^0$ .

Ref.: H. Bäckström.



**12. A. Hamberg** (in Stockholm): **Krystallform des Platoäthylsulfinjodids** (in P. Klason »Beiträge zur Kenntniss der Platinaäthylsulfidverbindungen«. Öfvers. Vet.-Akad. Förh. 1895, 342).

Es wurden sowohl in Bezug auf Winkelwerthe, als auftretende Flächen und Habitus übereinstimmende Resultate mit den schon früher von Weibull in dieser Zeitschr. 14, 123 publicirten erhalten. Das Axenverhältniss wird zu  $a : b : c = 1,472 : 1 : 0,990$ ;  $\beta = 89^{\circ}34\frac{1}{2}'$  angegeben. Ref.: H. Bäckström.

**13. P. J. Holmquist** (in Upsala): **Krystallform des (1)-Phenyl-(3)-para-oxyphenyl-(5)-cyantriazol** (in Holmquist »Triazol-föreningar, framställda af aldehyder och dicyanfenylhydrazin II«. Ebenda 1895, 337).

Die genannte Verbindung,  $C_{15}H_{10}N_4O$ , krystallisirt monosymmetrisch mit dem Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,50950 : 1 : 0,60073; \beta = 69^{\circ}12'.$$

Beobachtete Formen:  $m\{110\}$ ,  $n\{011\}$ ,  $p\{010\}$ .

Gemessen:

$(110) : (\bar{1}\bar{1}0)$	$= 50^{\circ}56'$
$(011) : (0\bar{1}\bar{1})$	58 37
$(110) : (01\bar{1})$	93 42
$(110) : (011)$	60 39

Deutliche Spaltbarkeit nicht vorhanden. — Die Ebene der optischen Axen ist senkrecht gegen  $\{010\}$ , auf dieser Fläche macht eine Auslöschungsrichtung mit der Verticalaxe einen im spitzen Winkel  $\beta$  liegenden Winkel von  $26^{\circ}$ .

Ref.: H. Bäckström.

**14. W. Palmaer** (in Upsala): **Krystallform einiger Iridiumverbindungen** (in Palmaer »Om iridium ammoniakaliska föreningar«. Inaugural-Dissertation der Univ. Upsala 1895).

Ueber einige der hier beschriebenen Substanzen ist schon in dieser Zeitschr. (20, 402—404) nach früheren Publicationen des Verfs. referirt (vergl. auch im vor. Hefte S. 342). Die hier zum ersten Male mitgetheilten krystallographischen Resultate sind:

Iridiumpentaminbromonitrit  $Ir(NH_3)_5Br(NO_2)_2$ . Krystallisirt rhombisch mit dem Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,969 : 1 : 1,535.$$

Beobachtete Flächen:  $\{101\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{110\}$ . Die Krystalle sind gewöhnlich verlängert nach der  $a$ - oder  $b$ -Axe.

	Gemessen:	Berechnet:
$(0\bar{1}\bar{1}) : (011)$	$= 113^{\circ}35'$	$113^{\circ}50'$
$(01\bar{1}) : (0\bar{1}\bar{1})$	114 5	—
$(011) : (01\bar{1})$	66 40	66 40
$(0\bar{1}\bar{1}) : (0\bar{1}\bar{1})$	65 40	—
$(101) : (10\bar{1})$	*64 34 $\frac{1}{2}$	—
$(101) : (01\bar{1})$	105 29 $\frac{1}{2}$	106 56 $\frac{1}{2}$
$(10\bar{1}) : (011)$	107 55	—
$(110) : (01\bar{1})$	54 42 $\frac{1}{2}$	54 20
$(110) : (10\bar{1})$	52 7	52 36 $\frac{1}{2}$

Iridiumpentamintrijodid  $Ir(NH_3)_5J_3$ . Rhombisch; Axenverhältniss

$$a : b : c = 0,993 : 4 : 4,552.$$

Formen:  $\{101\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{001\}$ . Die Krystalle haben pyramidalen Habitus.

	Gemessen:	Berechnet:
$(0\bar{1}1) : (011) =$	$114^0 27\frac{1}{2}'$	$114^0 25\frac{1}{2}'$
$(01\bar{1}) : (011)$	$114 \quad 18$	—
$(01\bar{1}) : (011)$	$*65 \quad 34\frac{1}{2}$	—
$(0\bar{1}1) : (0\bar{1}\bar{1})$	$65 \quad 40$	$65 \quad 34\frac{1}{2}$
$(101) : (10\bar{1})$	$65 \quad 28$	$65 \quad 13^1$
$(10\bar{1}) : (\bar{1}01)$	$115 \quad 1\frac{1}{2}$	$114 \quad 47^1$
$(10\bar{1}) : (00\bar{1})$	$58 \quad 14\frac{1}{2}$	$57 \quad 23^1$

Iridiumhexaminchlorid  $Ir(NH_3)_6Cl_3$ . Schliesst sich in seinen Winkeln dem von C. Klein<sup>2)</sup> untersuchten Luteokobaltchlorid so vollständig an, dass Verf. die Berechnung eines eigenen Axenverhältnisses nicht für nöthig hielt. Das Iridiumhexaminchlorid krystallisirt demnach monoklin mit dem Axenverhältnisse  $a : b : c = 0,5843 : 4 : 0,6502$ ;  $\beta = 57^0 34'$ .

Beobachtete Formen:  $\{\bar{1}11\}$ <sup>3)</sup>,  $\{001\}$ ,  $\{\bar{1}01\}$ <sup>3)</sup>,  $\{010\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{013\}$ ,  $\{\bar{1}12\}$ <sup>3)</sup>.

	Gemessen an Iridium- hexaminchlorid:	Berechnet von Klein für Luteokobaltchlorid:
$(001) : (010) =$	$90^0 30'$	$90^0 \quad 0'$
$(010) : (021)$	$41 \quad 40$	$42 \quad 20$
$(001) : (021)$	$47 \quad 50$	$47 \quad 40$
$(001) : (11\bar{1})$	$70 \quad 2$	$69 \quad 42$
	$69 \quad 45$	—
$(11\bar{2}) : (11\bar{1})$	$32 \quad 16$	$31 \quad 54$
$(001) : (\bar{1}01)$	$67 \quad 3$	$66 \quad 48$
$(001) : (013)$	$72 \quad 20$	$72 \quad 30$

Iridiumhexaminnitrat  $Ir(NH_3)_6NO_3$ . Krystallisirt tetragonal, isomorph mit dem Luteokobaltnitrat. Axenverhältniss

$$a : c = 1 : 1,042.$$

Combination:  $\{001\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{331\}$ .

	Gemessen:	Berechnet:
$(001) : (111) =$	$*55^0 51'$	—
$(00\bar{1}) : (11\bar{1})$	$55 \quad 43$	$55^0 51'$
$(111) : (331)$	$24 \quad 35$	$24 \quad 25$
$(11\bar{1}) : (33\bar{1})$	$24 \quad 22$	—

Bei den meisten der untersuchten Verbindungen finden sich Angaben über specifisches Gewicht und Molekularvolumen.

Ref.: H. Bäckström.

1) Im Original steht durch Schreib- oder Rechenfehler  $65^0 34\frac{1}{2}'$  resp.  $114^0 25\frac{1}{2}'$  und  $57^0 34'$ .

2) Ann. Chem. Pharm. 1873, **166**, 488.

3) Im Original werden » $\{111\}P$ ,  $\{101\}P\infty$ ,  $\{112\}\frac{1}{2}P$ « aufgeführt. In der Winkeltabelle findet man sowohl  $(111)$  als  $(11\bar{1})$ , ferner  $(101)$  und  $(1\bar{1}2)$ . Da aber Klein nur positive Pyramiden und Orthodomen fand und die Uebereinstimmung mit den Kleinschen Resultaten hervorgehoben wird, ist in diesem Referate angenommen, dass auch hier nur positive Pyramiden und Hemidomen gefunden wurden, und dementsprechend corrigirt.



**16. M. Tolstopiatow** († in Moskau): Ueber die Einschlüsse in Topaskrystallen vom Ural, von Brasilien und Sachsen (mit einer Tafel (VIII), (Ebenda, 289—306).

Die im Topas (Ilmengebirge) eingeschlossenen Turmalinkrystalle lagern sich gewöhnlich senkrecht zu den Flächen von  $\{110\} \infty P$ ,  $\{120\} \infty \bar{P}_2$ ,  $\{011\} \bar{P} \infty$ ,  $\{111\} P$ ,  $\{112\} \frac{1}{2} P$  und  $\{113\} \frac{1}{3} P$ , seltener in der Richtung der verticalen Axe. Der centrale Theil der nach  $\{001\} 0P$  gespaltenen Platten zeigt nur selten Kryställchen des Turmalins, welche sehr fein erscheinen und immer unter verschiedenen Winkeln zur Fläche von  $\{001\}$  geneigt sind: die einen liegen in der Ebene des brachydiagonalen, die anderen in der des makrodiagonalen Hauptschnittes, die Lagerung der dritten steht wahrscheinlich in gewissem Zusammenhange mit der Lage der Pyramidenflächen. Die sehr zahlreichen Krystalle des peripherischen Theiles, wo man zwei Schichtungszonen findet, lagern sich immer parallel der Ebene der basischen Spaltbarkeit; die meisten von ihnen sind senkrecht zu den entsprechenden Flächen des Topaskrystalles (an denen sie ihren Ursprung nehmen), was immer bei besonders grossen, sowie bei besonders gut ausgebildeten Turmalinkryställchen stattfindet; die unter einem Winkel zur gegebenen Fläche geneigten Kryställchen äussern eine Tendenz, sich in der Richtung der  $a$ - oder  $b$ -Axe zu lagern; sehr selten liegen die Einschlüsse parallel der entsprechenden Fläche.

Zur Erklärung aller beobachteten Erscheinungen entwickelt der Verf. die bekannten Ansichten von Beudant, welcher den Einfluss der krystallinischen Einschlüsse auf die Form des Grundkrystalles als Resultat eines gewissen Antagonismus zwischen zwei krystallisirenden Substanzen, von denen die eine von der anderen eingeschlossen wird, betrachtete. Das plötzliche Abscheiden der groben Kryställchen übt eine störende Wirkung auf die Krystallisation der Grundsubstanz aus und vereinfacht infolge dessen die ursprüngliche Form eines Krystalles, während die feineren keine bemerkbare Störung der krystallogenetischen Kräfte, welche sich überhaupt immer mit zunehmender Grösse eines Krystalles mehr und mehr abschwächen, hervorbringen und die ursprüngliche Complicirtheit seiner Form unverändert lassen. Demzufolge beobachten wir im centralen Theile der beschriebenen Topaskrystalle nur sehr selten Einschlüsse und zwar sehr feiner Kryställchen des Turmalins, gleichwie keine individualisirte Absonderung der Topassubstanz, während die letztere im peripherischen Theile in Globulen und feinen Kryställchen zonenweise individualisirt erscheint, die Turmalinkryställchen aber darin sehr zahlreich sind und oft (relativ) sehr grosse Dimensionen besitzen.

Die partielle Einwirkung der Topasmoleküle transformirt die prismatischen Turmalinkryställchen des centralen Theiles in die pyramidalen des peripherischen; dieselbe störende Wirkung ruft darin die Bildung der zahlreichen Fissuren hervor.

Es ist schon erwähnt, dass eine Reihe von Globulen und feinsten Kryställchen des Topas sammt zahlreichen kleinen Turmalinkryställchen an der Grenze zwischen dem centralen und dem peripherischen Theile, gleichwie an der Grenze zwischen der inneren und der äusseren Zone der peripherischen Hülle liegt; doch fehlen solche kleine Einschlüsse in der Mitte der beiden Zonen, wo man sehr dicke, wenn auch seltenere Kryställchen des Turmalins findet; es ist klar, dass hierin die Contraction der ganzen sich aus der Lösung ausscheidenden Turmalinmasse sich auf wenige starke Wirkungscentra beschränkt; demzufolge erleidet hier die Krystallisation der Topassubstanz wenig Störungen, also fehlt die individualisirte Bildung der zahlreichen feinsten Globulen der Topassubstanz. Der Verf. betont auch das verschiedene Verhalten der Flächen verschiedener Formen. In der That



enthält die innere Zone, wo sie der Fläche  $\{110\} \infty P$  anliegt, seltenere Turmalinkryställchen und hat eine grössere Dicke (in der Richtung vom Centrum zur Peripherie des Krystalles), als in den Punkten, welche der Fläche  $\{120\} \infty \bar{P}2$  entsprechen, wo man zahlreiche (dicke) Turmalinkryställchen beobachtet, d. h. die letztere Fläche vergrösserte ihre Dimensionen zur Zeit der anfänglichen Bildung der äusseren Zone schneller, als die Fläche  $\{110\} \infty P$ , und die störende Wirkung der in grösserer Menge ausgebildeten Turmalineinschlüsse war die Ursache; umgekehrt blieb unverändert die Relation der Dimensionen beider Flächen bis zum Ende der Bildung der äusseren Zone, denn man findet überall in dieser Zone gleichmässige Vertheilung der Turmalineinschlüsse. Also ruft die Anhäufung zahlreicherer Einschlüsse die vorwaltende Entwicklung der betreffenden Fläche hervor.

Manchmal erscheinen die Flächen  $\{110\}$  und  $\{120\}$  des Topas mit prismatischen Turmalinkryställchen bedeckt, während die letzteren im Inneren des Topaskrystalles fehlen; sie schliessen einen Winkel von  $45^0$  mit den Kanten  $(110):(1\bar{1}0)$  und  $(110):(120)$  ein. Taf. VIII, Fig. 4 des Originals repräsentirt die Vertheilung der aufgewachsenen Turmalinkryställchen auf den Flächen von  $\{110\} \infty P$ ,  $\{011\} \bar{P} \infty$  und  $\{001\} 0P$ ; auf den zwei ersteren lagern sie sich immer parallel den Umgrenzungslinien der Flächen, auf der dritten nur meistens.

Die im Topas eingeschlossenen Turmalinkrystalle bieten einen pyramidalen Typus dar; nur sehr wenige und zwar kleine, besonders nahe am Centrum des Grundkrystalles liegende Kryställchen erscheinen prismatisch ausgebildet. Ueberhaupt sind die Kryställchen von einer krummen, sehr complicirten Fläche begrenzt, denn die Dicke eines Krystalles ändert sich mehrfach in verschiedenen Punkten seiner Hauptaxe. Die hexagonale, seltener trigonale Pyramide ist mit der Basis combinirt. Die geometrische Verschiedenheit des oberen und des unteren Endes eines Krystalles beschränkt sich auf Verschiedenheit der relativen Dimensionen des einen und des anderen. Die Länge der Krystalle variirt von 0,04 mm bis zu mehreren Millimetern. Die Krystalle zeigen auch zahlreiche Fissuren. Im reflectirten Lichte sind sie schwarz, im durchfallenden grünlich oder braun mit einem Stich in Rosa gefärbt. Stark dichroitisch, während der Pleochroismus bei den der  $a$ - oder  $b$ -Axe parallelen Krystallen schwächer ausgeprägt ist.

Sehr ausgedehnte Beschreibung der sphärolithähnlichen Einschlüsse im Topas von Brasilien, deren Masse mit der Substanz der feinsten, roth, orange und hellgelb gefärbten Schichten, welche sich theils zu den prismatischen Flächen, theils (sehr selten) zur Fläche von  $\{001\}$  parallel lagern, identisch zu sein scheint.

Diese roth gefärbten Einschlüsse erscheinen in der Form von kleinsten Kugeln, Ellipsoiden, auch von Platten mit polygonalen Umrissen; oft bieten sie concentrische, zusammen mit radialer, Streifung dar, manchmal bestehen sie aus einem Kerne und einer Hülle. Verschiedene Färbung (im polarisirten Lichte) der verschiedenen Zonen, oder der verschiedenen Sektoren eines und desselben Sphärolithen. Manchmal erscheinen die Einschlüsse in der Form von Krystallen.

Die Sphärolitheinschlüsse im Topas von Sachsen zeigen dieselbe Form, wie die vorher beschriebenen; sie sind apfelgrün, gelblich oder röthlich gefärbt, erscheinen entweder concentrisch oder excentrisch und führen oft Kryställchen von Kassiterit. Es ist sehr interessant, dass die den Topas begleitenden Turmalinkryställchen oft auf ihrer Spitze einen solchen Sphärolith zeigen.

Ref.: A. Karnojitzky.

17. P. von Jeremejeff (in St. Petersburg): Ueber einige neue Krystallformen und die innere Structur des Zirkons aus dem Ilmengebirge und den Goldseifen des Kyschimschen Bergreviers im Ural (Verhandl. d. kais. russ. min. Gesellsch. 1895, Ser. II, 33, 429—442).

Ausser den zehn bis jetzt bekannten Formen hat der Verf. für den Zirkon (Ilmengebirge) die Existenz noch fünf anderer bewiesen und zwar:  $\{504\}5P_{\infty}$ ,  $\{704\}7P_{\infty}$ ,  $\{545\}P_{\frac{5}{4}}$ ,  $\{766\}\frac{7}{6}P_{\frac{7}{6}}$  und  $\{643\}2P_{\frac{3}{2}}$ . Diese Formen treten überhaupt selten auf, gewöhnlich sind ihre Flächen nur sehr wenig entwickelt, theils glänzend, theils höchst unvollkommen ausgebildet; manchmal kommen die erwähnten Pyramiden nur in vereinzeltten Flächen, gewöhnlich nicht mit der vollständigen Anzahl der Flächen vor. Besonders selten werden  $\{545\}P_{\frac{5}{4}}$  und  $\{504\}5P_{\infty}$ , besonders häufig  $\{643\}2P_{\frac{3}{2}}$  angetroffen. Der Verf. erhielt folgende Winkelwerthe:

	Gemessen:	Berechnet:
$(504):(111) =$	$47^{\circ} 35' 40''$	$47^{\circ} 37' 12''$
$(504):(221)$	42 43 10	42 44 37
$(504):(110)$	47 30 20	47 33 2
$(504):(100)$	17 24 10	17 20 53
$(504):(50\bar{4})$	—	34 44 46
$(504):(054)$	—	84 53 58
$(111):(221)$	18 58 30	18 55 55
$(111):(110)$	47 48 15	47 50 23
$(111):(1\bar{1}\bar{1})$	95 43 20	95 40 56
$(221):(110)$	59 29 30	59 27 6
$(221):(2\bar{2}\bar{1})$	—	57 48 24
$(704):(111)$	54 23 15	54 20 37
$(704):(504)$	14 14 10	14 15 22
$(704):(110)$	12 36 50	12 34 43
$(704):(70\bar{4})$	—	25 9 26
$(704):(074)$	—	87 16 56
$(545):(111)$	4 57 30	5 0 0
$(545):(1\bar{1}\bar{1})$	54 43 20	54 40 0
$(545):(110)$	50 50 10	50 56 18
$(545):(100)$	60 23 10	60 19 26
$(545):(5\bar{4}\bar{5})$	—	46 40 0
$(545):(455)$	—	8 1 50
$(545):(5\bar{4}\bar{5})$	—	104 18 12
$(111):(1\bar{1}\bar{1})$	56 42 25	56 40 0
$(766):(111)$	2 30 25	2 27 40
$(766):(221)$	16 57 10	16 55 29
$(766):(110)$	45 36 50	45 38 4
$(766):(100)$	—	57 49 40
$(766):(7\bar{6}\bar{6})$	54 20 40	54 18 36
$(766):(676)$	6 13 20	6 10 0
$(766):(7\bar{6}\bar{6})$	—	90 56 14
$(643):(111)$	17 3 30	17 6 9
$(643):(221)$	—	10 34 35
$(643):(331)$	16 20 10	16 17 40
$(643):(110)$	34 44 45	34 41 27
$(643):(100)$	45 41 20	45 45 28

	Gemessen:	Berechnet:
(643):(643) =	55° 24' 40"	55° 26' 14"
(643):(463)	18 57 15	18 55 50
(643):(643)	—	66 1 54

Unvollkommene Spaltbarkeit nach {111} und {110}. Theilweise bemerkt man an vielen Krystallen dieses Zirkon auf den äusseren Flächen ausser der oscillirenden Streifung, herrührend von den Combinationskanten verschiedener Flächen (welche grösstentheils glatt, eben und glänzend sind), noch eine ausserordentlich feine Streifung in ganz bestimmten Richtungen, die in unmittelbarem Zusammenhange mit der mehr oder minder deutlichen Absonderung der Substanz der Krystalle parallel den Flächen von {111}, {110}, seltener von {331} steht. Dieselbe Erscheinung tritt noch deutlicher auf an losen Zirkonkrystallen aus dem Kyschtim'schen Bergrevier, welche mit den Krystallen verschiedenfarbiger feldspathartiger Mineralien verwachsen sind und wahrscheinlich bei der Zertrümmerung der granitischen Gebirgsarten durch Wasserfluthen in die Goldseifen gelangten.

Die Kyschtim'schen Krystalle (von sehr verschiedener Grösse) weisen meistens einen pyramidalen Habitus in Folge der vorwaltenden Entwicklung der Flächen von {111}, welche manchmal auch ganz vereinzelt, häufiger in Combination mit den fein vertical schraffirten Flächen von {110} und {100} auftritt, auf. Hier findet man fast alle zehn bis jetzt für Zirkon bekannten Formen, mit Ausschluss der Flächen von {001} und {411}<sup>1)</sup> und mit Hinzufügung der von {501}. In verschiedensten Graden pellucide Krystalle sind weisslich bis grau, weiss bis graulichschwarz, weingelb und hyacinthroth bis gelblichbraun und bräunlichschwarz gefärbt. Oft verschiedene Färbung des inneren Kernes und der peripherischen Hüllen der Krystalle.

Die von einigen Mineralogen für Zirkon (Brasilien, Australien u. a.) angenommene, äusserst vollkommene Spaltbarkeit nach {111} und {110} bietet, nach der Meinung des Verf., eine Erscheinung dar, welche durch parallellflächiges Verwachsen einer grossen Anzahl von Subindividuen bedingt wird, deren unvollkommene Verwachsung im Inneren der Krystalle die Bildung polygonaler, von spiegelnden Flächen begrenzter Hohlräume hervorruft.

Auf Grund seiner Untersuchungen an sehr dünnen parallel verschiedenen Flächen geschnittenen Platten nimmt der Verf. für die innere Masse vieler Krystalle von Kyschtim eine polysynthetische Zwillingsstructur, parallel sämmtlichen Flächen von {111} mit rechtwinklig zu ihnen gerichteten Zwillingssaxen (Durchwachsungszwillinge) an. Die Structur der ganzen inneren Masse der Krystalle (mit Ausnahme der oben erwähnten Absonderungen in der Richtung des Blätterdurchganges) ist eine Folge der Verwachsung dünner und dünnster Blättchen, die sich im Centrum der Krystalle in zwei zu einander rechtwinkligen Zonenebenen der Flächen von {111} und einer dritten, der von {110}, schneiden, Winkel von 84° 19' 4" und 95° 40' 56" (berechnet) bildend, während alle Untersuchungen unter dem Mikroskop auf die entgegengesetzte Lage jedes der sich berührenden Blättchen hinweisen. An der Stelle des rechtwinkligen Kreuzes, welches durch die Durchkreuzung solcher Blättchen entsteht, tritt manchmal eine Partie feinsten, unter einander paralleler verticaler und horizontaler Blättchen auf. Ausserdem constatirte der Verf. auch hemitrope Zwillinge nach demselben Zwillingsgesetze, welche sich selten unter

1) Diese Form fehlt auch beim Zirkon vom Ilmengebirge.

den Exemplaren des Kyschtim'schen Zirkons finden, wie es aus den approximativen Messungen der ein- und ausspringenden Winkel zu ersehen ist.

Ref.: A. Karnojitzky.

**18. P. von Jeremejeff** (in St. Petersburg): **Ueber vier Pseudomorphosen aus uralischen Fundorten** (Verh. d. kais. russ. min. Gesellsch. 1895, Ser. II, 33, Protokolle, 41—43).

Der Verf. erwähnt folgende von ihm constatirte Pseudomorphosen: 1) P. von glimmerhaltigem Thon nach Granat, vom Ufer des Flusses Issetj; 2) P. von thonhaltigem Rotheisenerz nach Granat aus dem Bogoslowsk'schen Bergreviere, 3) P. von einem Aggregate kleiner Individuen von Epidot nach Olivin aus dem Schischimgebirge und 4) P. von Kaliglimmer nach Andalusit aus dem Granit in der Umgegend vom Dorfe Juschakova (Ural), 6 km NW. vom Dorfe Schaitanka. Die letzte (zum ersten Male in Russland gefundene) Pseudomorphose erscheint in 5—7 cm messenden Bruchstücken einer Mineralmasse, welche von dicht mit einander verwachsenen, platten-säulenförmigen Individuen des bräunlich-rosenfarbigen Andalusits gebildet ist, und bietet die anfängliche Phase der chemischen Umwandlung des letzteren Minerals dar, dessen chemisch veränderte Theile nach ihrer Lage in keinem Zusammenhange mit den im Mineral befindlichen Spalten stehen. Der silberweisse Glimmer stellt die parallelen Verwachsungen von zahlreichen Krystallen dar, welche  $\{001\}$ ,  $\{110\}$  und  $\{010\}$  zeigen und theils aufgewachsen, theils in der Richtung der Spaltungsflächen von  $\{110\} \infty P$  des Andalusits eingewachsen erscheinen, während die Flächen von  $\{001\} 0P$  des Glimmers den von  $\{110\} \infty P$  des Andalusits parallel gehen und die Combinationskanten  $(001): (110)$  des ersten Minerals sich in der Richtung der Kanten von  $\{110\}$  des zweiten lagern.

Optische Axenebene im Glimmer geht parallel zur Symmetrieebene  $(010)$ ; der scheinbare Axenwinkel  $= 78^{\circ} 30'$ ,  $\rho > v$ ; unter dem Mikroskop beobachtet man feinste Einschlüsse von Andalusitkryställchen, welche sich parallel zu den Combinationskanten  $(001):(110)$  lagern.

Ref.: A. Karnojitzky.

**19. Derselbe:** **Ueber die Absonderungsflächen von Krystallen des Eisenglanzes, Diopsids, Klinochlors und Antimonglanzes** (Ebenda, 49—23).

Man betrachtet bekanntlich die Entstehung der sogenannten Absonderungsflächen als eine secundäre Erscheinung, welche mit der Umwandlung der inneren Structur der Krystalle in Verbindung steht, und schreibt die Existenz solcher Flächen der Einwirkung eines Druckes zu. Der Verf. betont den Umstand, dass die Absonderungsflächen bisweilen an Krystallen angetroffen werden, welche ganz lose, durch freie Bildung, also in Abwesenheit irgend eines Druckes entstanden waren (Mügge, Eisenglanz von Elba).

Zur Illustration seiner Ansicht führt er folgende Beispiele an:

Die Bruchstücke des Eisenglanzes aus der Nagornaja'schen Goldseife des Katharinenburg'schen Bergreviers (4 km N. von der Beresowsk'schen Grube) führen auf den Wänden der unregelmässigen Hohlräume starkglänzende, sehr deutlich ausgebildete, 0,5—1,5 cm messende aufgewachsene Krystalle von Eisenglanz, welche die Combination  $\{40\bar{1}1\} + R$ ,  $\{0001\} 0R$ ,  $\{01\bar{1}2\} - \frac{1}{2}R$ ,  $\{10\bar{1}4\} + \frac{1}{4}R$ ,  $\{10\bar{2}0\} \infty P2$  aufweisen und eine deutliche, allen Flächen von  $\{40\bar{1}1\} + R$  parallele, sowie eine ziemlich feine, der  $(0001)$  parallele Zwillingabsonderung zeigen, obwohl die Krystalle wahrscheinlich durch freie Bildung entstanden sind.



Eben solche Absonderung nach  $\{10\bar{1}1\}$  und ausserdem eine sehr feine, aber ziemlich deutliche, auf den Flächen von  $\{22\bar{4}3\}\frac{4}{3}P2$  und  $\{10\bar{1}1\}$  beobachtete Streifung, welche den Flächen von  $\{01\bar{1}2\} - \frac{1}{2}R$  entspricht (der erste Fall bei den russischen Vorkommnissen), zeigt noch ein sehr schöner, fast an allen Enden ausgebildeter,  $2 \times 3$  cm messender Krystall aus der Anna-Goldseife (39 km SW. von Miask), welcher die Flächen von  $\{22\bar{4}3\}\frac{4}{3}P2$ ,  $\{0001\}0R$ ,  $\{10\bar{1}1\} + R$ ,  $\{01\bar{1}2\} - \frac{1}{2}R$  und  $\{42\bar{6}5\}\frac{2}{3}R3$  aufweist.

Die gelblichgrau gefärbten, 1—6 cm messenden Diopsid- (Malakolith-) Krystalle von der Achmatowsk'schen Grube, welche die überwiegende Entwicklung der drei Pinakoide, die mit  $\{110\}\infty P$ ,  $\{310\}\infty P3$ ,  $\{021\}2R\infty$ ,  $\{\bar{1}11\} + P$ ,  $\{2\bar{2}1\} + 2P$ ,  $\{3\bar{3}1\} + 3P$  und  $\{111\} - P$  combinirt sind, zeigen, weisen polysynthetische Zwillingbildung nach dem Tschermak'schen Gesetze auf. Im vorliegenden Falle ist nach der Meinung des Verfs. die Gleitflächenbildung keineswegs auf die Einwirkung eines Druckes zurückzuführen, denn bei der schönen Ausbildung der stark glänzenden Flächen aller durch freie Bildung entstandenen Krystalle bieten die Flächen von  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  und  $\{310\}$  eine sehr regelmässige treppenförmige Textur, wobei die Höhe, gleichwie die Breite der Stufen, 1 bis 2 mm, zu messen sind, dar; solche plattenartige Structur der Krystallmasse konnte nur gleichzeitig mit der Ausbildung der äusseren Krystallflächen zu Stande kommen.

Spiegelglänzende Ebenen der Zwillingsabsonderung nach  $\{001\}$  beobachtete der Verf. auch an aufgewachsenen Krystallen des dunkelgrünen Diopsid von Achmatowsk und des Baikallits vom Flusse Sjudjanka.

Ein ziemlich grosser Malakolithkrystall von Achmatowsk, welcher die Combination  $\{010\}$ ,  $\{100\}$  und  $\{110\}$  zeigt, gewährt ausser der polysynthetischen Zwillingbildung nach  $\{001\}$  und  $\{10\bar{1}\} + P\infty$  noch einen makroskopischen Zwilling nach  $\{100\}\infty P\infty$ .

Auch die Krystalle des Klinochlors aus der Jeremejeff'schen Grube (im Ural) und des Antimonglanzes von Shikoku in Süd-japan zeigen die polysynthetischen Absonderungsflächen, welche keineswegs auf die durch Einwirkung eines Druckes hervorgerufene secundäre Entstehung zurückzuführen seien.

Ref.: A. Karnojitzky.

**20. P. von Jeremejeff** (in St. Petersburg): **Ueber Beryllkrystalle aus dem Ilmengebirge, der Umgegend von Mursinka am Ural und dem Kuchuserkensgebirge im Nertschinskischen Bezirk** (Verhandl. d. kais. russ. min. Gesellsch. 1895, Ser. II, 33, Prot. 26—29).

Drei vollkommen durchsichtige, blassgrünliche, sehr schön (nur an einem Ende) ausgebildete, bis 2 cm messende Beryllkrystalle vom Ilmengebirge, welche die vorherrschende Entwicklung von  $\{10\bar{1}0\}\infty P$  und  $\{0001\}0P$ , die mit  $\{10\bar{1}1\}P$ ,  $\{20\bar{2}1\}2P$ ,  $\{11\bar{2}1\}2P2$ ,  $\{42\bar{6}3\}2P\frac{3}{2}$ ,  $\{21\bar{3}1\}3P\frac{3}{2}$ ,  $\{1.0.\bar{1}.14\}\frac{1}{11}P$  und  $\{20\bar{2}5\}\frac{2}{3}P$  (der erste Fall bei russischen Beryllkrystallen) combinirt sind, zeigen, weisen auf den Flächen von  $\{10\bar{1}0\}$  und  $\{11\bar{2}1\}$  sehr complicirte polyëdrische Facetten auf, deren Umrisse den Kanten von  $\{10\bar{1}0\}$ , sowie den Combinationskanten von  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{11\bar{2}1\}$  u. s. f. parallel laufen. Deutlich entwickelte, stark glänzende Flächen, die einer ganz neuen, beim Beryll gefundenen Form, nämlich  $\{11\bar{2}6\}\frac{1}{3}P2$  ( $\mu$ ) angehören, deren Neigungswinkel folgende sind:

	Beobachtet:	Berechnet:
$\mu : (10\bar{1}1) =$	$22^{\circ} 16' 10''$	$22^{\circ} 13' 38''$
$\mu : (01\bar{1}1)$	$22 \quad 17 \quad 40$	—
$\mu : (0001)$	$9 \quad 28 \quad 10$	$9 \quad 26 \quad 29$
$Y$	—	$9 \quad 24 \quad 24$
$Z$	—	$161 \quad 52 \quad 58$

Ein durchsichtiger, glänzender, blass bräunlichgelber Beryllkrystall aus der Umgegend von Mursinka ist an beiden Enden ausgebildet und zeigt die Formen  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$ ,  $\{11\bar{2}1\}$ ,  $\{0001\}$  und  $\{22\bar{4}3\} \frac{4}{3}P_2$ , deren letzte zum ersten Male beim russischen Beryll beobachtet wird. Keine oscillatorische Streifung der Flächen von  $\{10\bar{1}0\} \infty P$ .

Ein blass graulichgrüner, stark durchscheinender,  $4 \times 3 \times 4$  cm messender Beryllkrystall aus dem Kuchuserkenskgebirge zeigt einen falschen Hemimorphismus, wobei an einem Ende nur eine in drei Richtungen oscillatorisch gestreifte Basisfläche, am anderen die Pyramidenflächen stark entwickelt sind, und zwar zwei vorherrschende Flächen von  $\{10\bar{1}1\}$ , welche mit oscillatorisch gestreifter  $\{0001\}$ ,  $\{11\bar{2}1\} 2P_2$ ,  $\{21\bar{3}1\} 3P_3$ ,  $\{10\bar{1}2\} \frac{1}{2}P$  ( $\pi$ ) (der erste Fall beim russischen Beryll) und  $\{40\bar{4}5\} \frac{4}{3}P$  ( $\nu$ ), deren letztere für Beryll eine ganz neue Form ist, combinirt sind. Der Verf. führt folgende Winkelwerthe an:

	Beobachtet:	Berechnet:
$\pi : \nu$	$= 8^{\circ} 43' 20''$	$8^{\circ} 40' 27''$
$\pi : (10\bar{1}0)$	—	$73 \quad 55 \quad 58$
$\nu : (10\bar{1}0)$	$65 \quad 13 \quad 40$	$65 \quad 15 \quad 30$
$\pi : (0001)$	—	$16 \quad 4 \quad 2$
$\nu : (0001)$	—	$24 \quad 44 \quad 29$
$X (\pi)$	—	$15 \quad 54 \quad 32$
$Z (\pi)$	—	$147 \quad 51 \quad 56$
$X (\nu)$	—	$34 \quad 9 \quad 30$
$Z (\nu)$	—	$130 \quad 31 \quad 2$

Die Pyramidenflächen sind glatt und glänzend, die Flächen von  $\{10\bar{1}0\}$  erscheinen glatt, matt und mit grossen polygonalen Vertiefungen von rhombischer Form bedeckt. Die innere Structur des Krystalles wird durch unvollkommen realisirte parallele Verwachsung der hexagonalen mit anderen Formen combinirten Prismen charakterisirt. Die geschlossenen Formen bilden parallele Verwachsungen der zahlreichen undeutlich begrenzten pyramidalen Individuen. Die Flächen von  $\{10\bar{1}0\}$  einzelner Individuen verschmelzen theilweise mit der äusseren Fläche von  $\{10\bar{1}0\}$  des beschriebenen Krystalles, theilweise dehnen sie sich im Inneren desselben abwechselnd in der Richtung einer Nebenaxe aus, wobei sie die ein- und auspringenden Winkel einschliessen. Der Krystall gewährt eine gewisse Analogie mit den Monstrositätsfiguren des Quarzes im Schriftgranit.

Ref.: A. Karnojitzky.

**21. Derselbe:** Ueber die Krystalle des Zinnsteines, Zirkons, Granats, Amphibols, Epidots, Cyanits, Stauroliths und Zinnobergeröle aus der Goldseife am Flusse Ssuchaja („Ssuchája róssypj“) im Nertschinskischen Bezirke (Ebenda, 38).

Die in den goldführenden Sanden angetroffenen braun gefärbten Zinnsteinkrystalle zeigen folgende Formen:  $\{110\} \infty P$ ,  $\{320\} \infty P_2^3$ ,  $\{100\} \infty P_{\infty}$ ,  $\{870\} \infty P_7^8$ ,

$\{14.13.0\} \infty P \frac{1}{3}$ ,  $\{111\} P$ ,  $\{101\} P\infty$ ,  $\{321\} 3P \frac{3}{2}$ ,  $\{3.1.12\} \frac{1}{4} P3$ ,  $\{335\} \frac{3}{5} P$ ,  $\{551\} 5P$  (vergl. Verh. d. k. russ. min. Ges. II. Ser., 23, 269).

Ref.: A. Karnojitzky.

**22. P. von Jeremejeff** (in St. Petersburg): Ueber ästige Krystallverwachsungen von gediegenem Silber aus der Urjumsk'schen Goldseife im Nertschinsk'schen Bezirk (Verh. d. k. russ. min. Gesellsch. 1895, Ser. II, 33, Prot. 39).

Kleine Zwillingsskrystalle, welche eine Combination von  $\{001\}$  und  $\{111\}$  aufweisen und in der Richtung der Combinationskante  $(001):\{111\}$  stark verlängert sind, bilden 2 bis 3 cm messende Aggregationsverwachsungen. Ausserdem ist gediegenes Silber zusammen mit Gold nur noch einmal in Russland, nämlich in Goldseifen des transkaukasischen Bergrückens, gefunden worden.

Ref.: A. Karnojitzky.

**23. Derselbe:** Ueber einen neu aufgefundenen Diamantkrystall aus dem südlichen Ural (Julia'sche Goldseife am Fl. Kamjenka, Ssanarka'sches System) (Ebenda, 45—46).

Dieser vor drei Jahren aufgefundene, schön ausgebildete,  $5,5 \times 3,5 \times 2,25$  mm messende, farblose Zwillingsskrystall zeigt stark glänzende, obwohl convexe Flächen, welche den Hexakistetraëdern  $\{+\alpha(321)\} + \frac{1}{2}(30\frac{3}{2})$  und  $\{-\alpha(3\bar{2}1)\} - \frac{1}{2}(30\frac{3}{2})$  angehören. Der Krystall ist in der Richtung der Zwillingssaxe stark verkürzt. Bis jetzt haben wir nur zwei Diamantkrystalle aus dem »russischen Brasilien«, d. h. aus den Sanarka'schen Goldseifen.

Ref.: A. Karnojitzky.

**24. Derselbe:** Ueber Pseudomorphosen von Brauneisenstein und Göthit nach verschiedenen Mineralien russischer Fundorte (Ebenda, 51—53).

Der Verf. führt eine Liste aller 26 bis jetzt an russischen Vorkommnissen bekannten Pseudomorphosen des Brauneisensteins und Göthits an, wobei die pseudomorphosirten Substanzen nach dem mineralogischen Systeme von E. Dana geordnet werden. Diese Liste ist folgende. Pseudomorphosen 1) von Brauneisenstein nach Bleiglanz (Beresowsk'sche Grube am Ural), 2) nach Blende (Sadansk'sche Grube am Kaukasus), 3) nach Magnetkies (Mjednorudjansk'sche Grube in der Nähe von Nischnij-Tagilsk), 4) nach Eisenkies (Beresowsk'sche Grube, Goldseifen des Ural und Sibirien), 5) von Göthit nach Eisenkies (Ural'sche und Jenisseij'sche Goldseifen), 6) von Brauneisenstein nach Markasit (die Umgegend vom Kynowsk'schen Bergwerk und vom Uilsk'schen Fort), 7) nach Fahlerz (Beresowsk'sche Grube), 8) nach Cuprit (Ural'sche und Altaij'sche Kupfergruben), 9) nach Eisenglanz (Ural'sche und Sibirische Goldseifen), 10) nach Magneteisenerz (ebenda), 11) nach Rutil (Sassuchin's Goldseife im Troïzk'schen District), 12) nach Brookit (Innokjentjew'sche Goldseife beim Fl. Algiak im Gouvernement Jenisseij), 13) nach Diaspor (Kossoïj-Brod, Ural), 14) nach Kalkspath (Ural, Altai, Nertschinsk), 15) nach Dolomit (ebenda), 16) nach Breunerit und Magnesitpath (Beresowsk'sche Grube, Adun-Tschilon), 17) nach Siderit (Jeljnicksche Grube im Ural, Salairsk'sche Grube), 18) nach Smithsonit (Oljkusch, Prov. Semipalatinsk, Altai, Nertschinsk), 19) nach Aragonit (Trjoch-Swjatitjeljei'sche Grube, im Bez. Nertschinsk), 20) nach Cerussit (Beresowsk'sche und Syrjanowsk'sche Gruben), 21) nach Granat (Berg Blagodatj am Ural), 22) nach Olivin (Na-

deschda-Nikolaew'sche Seife, Distr. Krasnojarsk), 23) nach Galmei (Altai, Nertschinsk), 24) nach Lirokonit, eine neue Pseudomorphose überhaupt (die Umgegend der Preobraschensk'schen Kupfergrube im Südural), 25) nach Skorodit (Beresowsk'sche Grube) und 26) nach Baryt (Tschuvasch'sche Grube im Slatoust'schen Bergrevier).

Ref.: A. Karnojitzky.

**25. Derselbe: Ueber Goldkrystalle aus dem Gebiete der Don'schen Kosaken, des Monetnaja-Reviere am Ural, der Olekma'schen Gruben und vom Flusse Ssujenga im Altai'schen Kreise** (Ebenda, 60—62).

Der Verf. beschreibt u. a. zwei auf Quarz aufgewachsene Goldkrystalle aus dem Nagoljayi-Gebirge (Gebiet der Don'schen Kosaken). Ein 1,5 mm messender plattenförmig nach  $\{111\}O$  ausgebildeter Zwillingskrystall zeigt eine Combination von  $\{111\}O$  und  $\{100\}\infty O$ ; die einspringenden Winkel fehlen; feine polysynthetische Zwillingsstreifung der Flächen von  $\{100\}$ . Der zweite Krystall erscheint quasi-tetraëdrisch, denn die Flächen  $(1\bar{1}1)$  und  $(\bar{1}11)$  sind sehr wenig entwickelt,  $(111)$  und  $(\bar{1}\bar{1}1)$  dagegen herrschen vor, während die untere Hälfte des Krystalles durch die Masse des Muttergesteins verdeckt erscheint.

Ein tafelförmiger Goldkrystall aus dem Monetnaja-Bergwerke zeigt starkglänzende Flächen von  $\{111\}O$ ,  $\{310\}\infty O3$  und  $\{811\}8O8$  (eine neue Form für die russischen Goldkrystalle).

Drei parallel verwachsene, in der Richtung der dreizähligen Axe verkürzte Krystalle aus dem Olekma'schen Reviere, deren jeder auch eine parallele Verwachsung von feinsten Subindividuen darstellt;  $\{211\}2O2$ ; keine Zwillingsbildung.

Aestig-plattenförmige parallele Verwachsung von Zwillingskrystallen  $\{311\}3O3$  aus der Jegoriew'schen Goldseife beim Fl. Phomicha, Bass. Ssujenga im Altai'schen Kreise.

Ref.: A. Karnojitzky.

**26. Derselbe: Ueber einen Fluorapatitkrystall aus den Smaragdgruben am Ural** (Ebenda, 65—67).

Ein glänzender, grünlichweisser, kurzprismatischer,  $3,5 \times 3,5$  mm messender Krystall.  $\{0004\}0P$ ,  $\{10\bar{1}0\}\infty P$ ,  $\{1\bar{1}20\}\infty P2$ ,  $\{10\bar{1}1\}P$ ,  $\{5.0.\bar{5}.12\}\frac{5}{12}P(\zeta)$  (eine neue Form für den russischen Apatit) und  $\{80\bar{8}7\}\frac{8}{7}P(\nu)$  (eine neue Form für Apatit überhaupt). Folgende Winkelwerthe:

	Gemessen:	Berechnet:
$(0004): \zeta$	$= 190^{\circ} 22' 20''$	$190^{\circ} 27' 55''$
$(0004): \nu$	43 50 40	44 6 38
$\zeta: (10\bar{1}1)$	20 47 40	20 50 27
$\zeta: \nu$	—	20 32 59
$\zeta: (10\bar{1}0)$	—	70 32 5
$(10\bar{1}1): \nu$	3 46 30	3 42 50
$\nu: (10\bar{1}0)$	40 49 30	49 53 22
$\zeta: \zeta' (X)$	49 45 40	49 40 58
$\nu: \nu' (X)$	40 47 50	40 44 0

Ref.: A. Karnojitzky.

**27. W. Alexjeff (in St. Petersburg): Ueber ein neues Meteoreisen aus der Umgegend von Krasnojarsk** (Ebenda, 48).

Relativ grosser Gehalt von  $CO$ .

Ref.: A. Karnojitzky.



**28. A. Lagorio** (in Warschau): **Ueber Lembergite und mit demselben verwandte Verbindungen** (Trav. d. l. Soc. d. natural. de Varsovie, Ann. VI, 1895, Livr. XI, 7—9).

Das von Lemberg künstlich hergestellte rhombische Mineral  $5\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 4\text{H}_2\text{O}$ , welches von ihm mit dem Namen »Nephelinhydrat« und vom Verf. als Lembergite bezeichnet wird, erscheint in prismatischen, farblosen und durchsichtigen Krystallen, welche oft durch Zwillingsbildung nach (110) hervorgerufene, pseudohexagonale Formen zeigen: {110}, {010} und {001}, (110):(110) = ca.  $68^\circ$ . Der mittlere Brechungsexponent  $\beta = 1,57$ , die Doppelbrechung durch (010) = 0,003, die durch (001) = 0,004; Axenwinkel =  $66^\circ 45'$ , die optische Axenebene parallel (001); die erste Mittellinie fällt mit der *c*-Axe zusammen; Doppelbrechung +;  $\rho > v$ . Beim Erhitzen bis  $445^\circ$  wird ein Molekül Wasser abgegeben und die Krystalle werden optisch —; Axenwinkel =  $78^\circ 45'$ . Die erste Mittellinie coincidirt mit der *b*-Axe, die Axenebene mit {100}, Doppelbrechung durch (001) = 0,007,  $v > \rho$ . Bei Dunkelrothgluth wird alles Wasser abgegeben, und die Krystalle zerfallen in kleine rhombische Prismen; die optische Axenebene geht parallel dem brachydiagonalen Durchschnitt. Beim Erkalten reabsorbirt die Substanz alles abgeschiedene Wasser.

Ref.: A. Karnojitzky.

**29. P. Zemjattschensky** (in St. Petersburg): **Kurze vorläufige Mittheilung über die Reise nach Kaukasien im Sommer 1894** (Compt. rend. d. Séances d. l. Soc. d. Naturalistes d. St. Pétersbourg 1895, No. 4, 2—7).

Eine Erwähnung über das Vorkommen der Kalkspath- und Gypskrystalle in der Umgegend von Pjatigorsk, des Kalkspaths (skalenoëdrische und rhomboëdrische Krystalle), Quarz, Chalcodon, Pyrit und Blende in der Umgegend von Kislowodsk (Orechowaja, Bjerjorowaja, Sokolowa »Balka«), des Silberbleiglanz, Blende, Pyrit, Zinkspath und Voltzins (?) in der Sadonsk'schen Silberbleigrube, des Pyrit, Bergkrystall, Kalkspath und Albit in der Nähe (4—5 km) der Station »Kasbek«, des Magneteisenerzes, Pistazit, Kupfervitriols und Kobalt-Nickelglanzes in der Umgegend des Oberen und des Unteren Daschkjesan (Gouvern. Jelisavethpol) und des Achats auf dem Wege von Jelisavethpol nach Adschekent.

Ref.: A. Karnojitzky.

**30. K. Glinka** (in Nowaja Aljexandrija): **Ueber eine neue Lagerstätte des Pyromorphits am Berge Bukuwka in der Nähe der Stadt Kieljtze** (Ebenda, No. 6, 22—24).

Der grasgrüne Pyromorphit erscheint theils in vereinzelt, kleinen, oft ziemlich gut an beiden Enden ausgebildeten Krystallen, theils in Drusen, welche in den Spalten des Sandsteines angetroffen werden, und wird von Bleiglanz und Baryt begleitet.

Ref.: A. Karnojitzky.

**31. Derselbe:** **Zur Frage über die Entstehung des Glaukonits.** Vorl. Mitth. (Ebenda, No. 8, 2—4).

Nach der Meinung des Verfs. bilden Glaukonit und Seladonit, welche beide als Zersetzungsproducte von thonhaltigen Augitmineralien erscheinen, eine und dieselbe Mineralspecies. Die Füllung der Kammern verschiedener Thiere mit Glaukonit geht ganz mechanisch vor sich.

Es sei unmöglich, irgend eine chemische Formel für den in verschiedenen Zersetzungsstadien vorkommenden Glaukonit zu geben.

Ref.: A. Karnojitzky.

**32. P. Jeremejeff** (in St. Petersburg): Ueber ein Aggregat von Gypskrystallen aus den Sanden des transkaspischen Gebiets (zwischen Merw und dem linken Ufer von Amu-Darja) (Bull. Acad. Imp. des Sciences, St. Pétersbourg, T. III, No. 5, LXII—LXIII).

Die Krystalle, welche  $\{111\} - P$ ,  $\{010\} \infty P \infty$  und  $\{120\} \infty P_2$  zeigen, werden von Sand, Glimmer, Feldspath, Hornblende, Augit, Granat und Magneteisenerz begleitet. Oft Zwillinge nach  $(100) \infty P \infty$ .

Ref.: A. Karnojitzky.

**33. A. Karnojitzky** (in St. Petersburg): Ueber eine Sammelreise (1894) nach den Mineralgruben des Central-Ural (Verhandl. d. russ. kais. min. Gesellschaft, Ser. II, 1895, 33, Protokolle 11).

Eine kurze Erwähnung über Granat, Hessonit, Epidot, Puschkinit, Axinit, Titanit etc., welche sich in den in der Umgegend des Dorfes Palkina (15 km W. von Katharinenburg) neu entdeckten und vom Verf. mit dem Namen »Eugenie-Maximilianow'sche Gruben« bezeichneten Mineraliengruben finden.

Ref.: A. Karnojitzky.

**34. K. von Chrustschow** (in St. Petersburg): Ueber reguläre Kieselsäurekrystalle (Bull. Acad. Imp. Sciences, St. Pétersbourg 1895, No. 1).

Die amorphe Kieselsäure wurde vom Verf. unter der Einwirkung (bei 200° und beim Drucke von 26 Atmosphären) des Wassers und der Fluorwasserstoffsäure in Christobalit umgewandelt.

Ref.: A. Karnojitzky.

**35. G. Bodländer** (in Clausthal): Die Zusammensetzung des Polybasits (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 1, 98—100).

Der Polybasit von Quespisiza in Chile bildet 3—5 cm grosse, 2 cm dicke Krystalle, die ein scheinbar hexagonales Prisma mit sechsseitiger Pyramide, begrenzt durch die Basis, erkennen lassen; Prismen- und Pyramidenflächen zeigen starke horizontale Streifung. Zusammen mit dem Polybasit fanden sich Proustit, Pyrit, Quarz.

Die Analyse an ausgesuchtem, Proustit-freien Material ergab:

Atomverhältniss:		
Ag	67,95	0,6296
Cu	6,07	0,0954
Pb	0,76	0,0038
As	3,88	0,0517
Sb	5,15	0,0429
S	16,37	0,5159
100,48		

$$(Ag_2, Cu_2, Pb) = 0,3663 = 7,74$$

$$(As_2, Sb_2) = 0,0473 = 4$$

$$= 0,5159 = 40,94$$

Die Berechnung der Analyse führt also nicht auf die von H. Rose angenommene Formel  $(As, Sb)_2S_3 \cdot 9(Ag, Cu)_2S$ . Auch die Berechnung anderer Polybasitanalysen lässt die Rose'sche Formel nicht als berechtigt erscheinen.

Vorkommen:	Autor:	$R_2S : R_2S_3$
1) Przibram.	Tonner, s. Rammelsberg, Hdb. d. Mineralch.	7,22 : 4
2) Copiapo.	Taylor	7,54 : 4
3) Cornwall.	Joy	8,04 : 4
4) Durango.	H. Rose	8,45 : 4
5) Freiberg.	-	8,45 : 4
6) Schemnitz.	-	8,79 : 4
7) Guanajuato.	Prior, s. diese Zeitschr. 20, 524	7,49 : 4
8) Colorado.	Pearce - - 23, 525	10,0 : 4
9) Colorado.	Penfield - - 23, 525	8,82 : 4
10) Quespiziza.	Bodländer	7,74 : 4

Das Verhältniss  $R_2S : R_2S_3$  schwankt also zwischen 7,22 und 8,82 : 4, wenn die an unreinem Material ausgeführte Analyse Nr. 8 unberücksichtigt bleibt. Den niedrigsten Werth jenes Verhältnisses haben die Arsen-freien Polybasite, den höchsten die an Antimon sehr armen. Es führt dies zu der Annahme, dass die Polybasite als isomorphe Mischungen zweier Verbindungen von den Formeln  $As_2S_3 \cdot 9R_2S$  und  $Sb_2S_3 \cdot 7R_2S$  aufzufassen sind; gegen diese Auffassung spricht aber die Verschiedenheit der chemischen Formeln, auch deckt sich das Verhältniss von Basen zu Säuren nicht mit dem, welches sich aus dem Verhältniss Arsen zu Antimon ergibt.

Ref.: H. Traube.

**36. O. Mügge** (in Münster): **Regelmässige Verwachsung von Pyrit mit Fahlerz in Pseudomorphosen nach letzterem** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 1, 403—405, mit 3 Fig.).

Die Pseudomorphosen, welche aus Laurion stammen und sich auf thoniger Gangmasse zusammen mit Quarz, Arsenkies ( $\{110\} \infty P$ ,  $\{010\} \infty \bar{P}$ ,  $\{001\} 0P$ , zum Theil Zwillinge nach  $\{101\}$ ) und Braunspath finden, bestehen aus einheitlichen Eisenkieskrystallen und zwar liegen die zweizähligen Axen, also die Würfel Flächen von Eisenkies und früherem Fahlerz, parallel. Die Hauptform ist das Tetraëder, dazu tritt  $\{1\bar{1}1\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{210\}$ , letztere Form nach dem Gesetze der pentagonalen Hemiëdrie auftretend. Wird  $\{210\}$  positive Aufstellung gegeben, so erscheint das vorherrschende Tetraëder bald positiv, bald negativ. Die Würfel Flächen zeigen die für den Pyrit charakteristische Streifung. Messungen liessen unzweifelhaft erkennen, dass Pseudomorphosen nur nach einem regulären Mineral, nicht etwa nach Kupferkies, vorliegen.

Eine chemische Prüfung ergab die völlige Abwesenheit von Kupfer. Das Fahlerz war vermuthlich anfangs vom Eisenkies nur überzogen, und der Eisenkies ist jetzt hier und da in selbständigen Kryställchen der Form  $\{001\}$ ,  $\{210\}$  aus den Tetraëdern herausgewachsen. — Die krystallographische Ausbildung dieser Pseudomorphosen ist tetartoëdrisch, zeigt also dieselben Eigenschaften wie der mit dem Pyrit verwandte Ullmannit; vielleicht sind die tetartoëdrisch ausgebildeten Krystalle des Ullmannits von Lölling (Zepharovich, Sitz.-Ber. d. Akad. d. W. Wien 1869 (4), 60, 809) auch nur Pseudomorphosen; Fahlerz als Begleitmineral wird allerdings hier nicht angegeben, wohl aber bei den pentagonal hemiëdrischen Krystallen von der Grube Landkrone bei Siegen (Laspeyres, diese Zeitschr. 19, 425).

Ref.: H. Traube.

## XXVI. Ueber den Breislakit.

Von

A. Wichmann in Utrecht.

(Hierzu Tafel IX, Fig. 4—3.)

### Literatur.

1. 1804. Sc. Breislak, Voyages physiques et lythologiques dans la Campanie. Paris. **2**, p. 132.
2. 1817. G. Brocchi, Catalogo ragionato di una raccolta di rocce per servire alla geognosia d'Italia. Milano, p. 28, 60, **70**, 192.
3. 1825. T. Monticelli e N. Covelli, Prodromo della Mineralogia Vesuviana. Napoli, p. 375.
4. 1841. C. F. Rammelsberg, Handwörterbuch des chemischen Theiles der Mineralogie. Berlin, S. 129.
5. 1842. D. F. Wieser, Ueber die in den Eisensteingruben am Gonzen bei Sargans im Canton St. Gallen vorkommenden Mineralien, nebst einigen Bemerkungen vermischten Inhalts. N. Jahrb. f. Geol., Min. u. s. w., S. 518.
6. 1843. C. F. Rammelsberg, Handwörterbuch des chemischen Theiles der Mineralogie. 1. Suppl. Berlin, S. 32.
7. 1850. Edw. J. Chapman, On the Identity of Breislakite and Augite. Philos. Magazine. London, **37**, p. 444.
8. 1852. A. Scacchi, Sopra le specie di silicati de Monte Somma e del Vesuvio le quali in taluni casi sono state prodotto per effetto di sublimazioni. Rendic. della R. Accad. d. sc., Napoli 1852, No. 4 (im Auszuge übersetzt von J. Roth, Nr. 9, p. 383).
9. 1857. J. Roth, Der Vesuv und die Umgebung von Neapel. Berlin, S. 366, 388.
10. 1873. H. Möhl, Kleine Beiträge zum Vorkommen des Tridymits, Breislakits und Sodaliths. N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w., S. 604.
11. 1878. A. von Lasaulx, Ueber den Breislakit. N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w., S. 380. Ref. diese Zeitschr. **5**, 274.
12. 1879. F. Gonnard, Sur les associations minérales que renferment certains trachytes du ravin du Riveau-Grand, au Mont Dore. Compt. rend. **89**, p. 615.
13. 1879. F. Gonnard, Sur l'existence de la Breislakite dans le trachyte à sanidine du roc du Capucin au Mont Dore. Bull. Soc. Min. II, Paris, p. 151.
14. 1880. Sartorius von Waltershausen, A. von Lasaulx, Der Aetna. Leipzig, **2**, S. 502.
15. 1881. K. Oebbeke, Beiträge zur Petrographie der Philippinen und der Palau-Inseln. N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w., Beil.-Bd. **1**, S. 379.
- 16a. 1885. K. Oebbeke, Sur quelques minéraux du Rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont Dore). Bull. Soc. Min. **8**, p. 56.



- 46b. 1886. K. Oebbeke, Mineralien vom Mont-Dore. Diese Zeitschr. **11**, 370.  
 47a. 1887. Arcangelo Scacchi, Catalogo dei Minerali Vesuviani. Spettatore del Vesuvio e dei Campi Flegrei. Napoli, p. 74.  
 47b. 1888. A. Scacchi, Katalog der vesuvischen Mineralien mit Angabe ihrer Zusammensetzung und ihres Vorkommens. N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. **2**, p. 429 (Uebersetzung von 47a). Ref. diese Zeitschr. **20**, 494.  
 48. 1892. K. Haushofer, Leitfaden für die Mineralbestimmung. Braunschweig, S. 491.

Wenn Breislak über den Trachytstrom, der sich vom Südfusse der Solfatara von Puzzuoli bis zum Meere erstreckt, die Worte schrieb (4): »Quelques unes de ces cavités renferment une substance en houppes composées de filamens déliés et délicats, qui vus séparément sont de couleur cendrée, et qui vus en masse, sont celle de chocolat. Je ne puis mieux la comparer qu'à la bissolite de Saussure«, so kann kein Zweifel darüber obwalten, dass dasjenige Mineral gemeint war, dem Brocchi später (2) zu Ehren des Erforschers der Solfatara einen selbständigen Namen verlieh.

Achtzig Jahre sind seitdem verflossen und trotzdem kennt man heutigen Tages noch nicht mit Sicherheit seine chemische Zusammensetzung, wie es denn überhaupt nicht viele Mineralien geben dürfte, über welche so widerspruchsvolle Angaben verbreitet worden sind, als gerade über den Breislakit. Der Habitus desselben ist ein so ausserordentlich charakteristischer, dass man kaum in die Lage kommen wird, die wolligen, rothbraunen bis dunkelbraunen Aggregate haarförmiger Individuen mit einem anderen Minerale zu verwechseln. Dagegen begegnet die eingehendere Untersuchung ganz besonderen Schwierigkeiten, da es kaum gelingt, die zarten Härchen frei von fremden Beimengungen zu isoliren. Ausserdem ist das Vorkommen auch in quantitativer Beziehung ein so beschränktes, dass keine Aussicht vorhanden ist, die für eine Analyse erforderlichen Mengen zu erlangen, deren Resultat mit einem Schlage allen Deutungen und Missdeutungen ein Ende bereiten würde.

Auf die Mittheilung von Brocchi, dem wir auch die Angabe von Fundorten verdanken, folgt die erste eingehendere, von Monticelli und Covelli ausgeführte Untersuchung (3), die sich nicht allein auf das Studium der chemischen Reactionen beschränkt, sondern sich auch auf das der mikroskopischen Beschaffenheit ausdehnte. In Bezug auf die chemische Zusammensetzung wird eine Analyse von Wollaston mitgetheilt, der  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und etwas Eisen in dem Breislakit gefunden hatte.

Während der folgenden Jahrzehnte wurde die Kenntniss des Minerals sehr wenig gefördert. Im Jahre 1844 erklärt Rammelsberg (4), dass »die chemische Natur dieses kupferhaltigen Fossils noch nicht ermittelt« worden sei, aber bereits zwei Jahre später erklärt derselbe Forscher (6), dass der Breislakit nicht kupferhaltig, sondern wahrscheinlich ein hornblendartiges Mineral darstelle. Inzwischen hatte Wiser (5) in den Blasenräumen

eines Gesteines auf den Cyclopen-Inseln, ein aus feinen grünlichgrauen, graulichweissen, seidenglänzenden, kurzen haarförmigen Krystallen bestehendes Mineral gefunden, das seinem äusseren Aussehen nach die grösste Aehnlichkeit mit Byssolith hatte. Wiser meinte nun, dass dieses Vorkommen sich von dem eigentlichen Breislakit nur durch den Mangel eines Kupfergehaltes unterscheide. Wie er hierin irrte, so auch in Bezug auf die übrigen Eigenschaften, denn der Breislakit ist weder seidenartig glänzend, noch grünlichgrau oder graulichweiss, wie ihm denn überhaupt eine bemerkenswerthe Aehnlichkeit mit dem Byssolith abgeht. Bekanntlich hat Des Cloizeaux nach diesem Vorkommen den Namen Cyclopeit an Stelle des Breislakit vorgeschlagen, doch hat jener Name mit Recht keinen Anklang gefunden <sup>1)</sup>.

Erst in Folge der Untersuchungen von Chapman (7) machte sich eine andere Auffassung geltend. Diesem Forscher gelang es nämlich einen, auf einer Breislakitruse im Leucitit vom Capo di Bove mit aufsitzenden Krystall zu isoliren und zu messen. Er bestimmte denselben in durchaus zutreffender Weise als Augit und schloss aus der weiteren Thatsache, dass den Kryställchen dieselbe Farbe und das gleiche Löthrohrverhalten zukam, wie dem echten Breislakit, dass beide Mineralien identisch seien. Wenngleich A. Scacchi (8), dem sich bald darauf J. Röth (9) anschloss, den Breislakit als eine wahrscheinlich haarförmige Hornblende bezeichnete, so eigneten sich doch die Lehrbücher in dem folgenden Zeitraume die Chapman'sche Auffassung an. Auch die von Möhl (10) gemachte Beobachtung, dass Breislakitbüschel in den Cavitäten des Trachyts vom Monte Olibano bei Puzzuoli lauchgrünen Augitkryställchen aufassen, schien dieser Deutung das Wort zu reden, zu der sich schliesslich Scacchi (17) bekehrte, nachdem dieselbe inzwischen wieder verlassen worden war.

Einen gänzlichen Umschwung veranlassten erst die ausführlichen und bestimmt lautenden Mittheilungen von A. von Lasaulx (11): »Unter dem Mikroskope zeigen die sehr feinen nadelförmigen Krystalle vom Capo di Bove und vom Vesuv grösstentheils recht deutliche und wohlbestimmbare Formen. Es sind flache Prismen, meist die Combination  $\infty P. \infty R \infty$ , an einzelnen auch eine schmale Abstumpfung der Prismenkante durch  $\infty P \infty$ . Dass der Prismenwinkel der des Amphibols ist, kann man besonders an den an abgebrochenen Prismen deutlich hervortretenden Querschnitten wahrnehmen . . . . . Sehr viele Nadeln zeigen aber ganz scharfflächige Endigungen, die im Mikroskope sehr gut zu erkennen sind und meist aus den Flächen des Klinodomas  $R \infty$  und der Basis  $OP$  bestehen . . . <sup>2)</sup>. Recht

1) Manuel de Minéralogie, Paris 1862, 1, 65.

2) C. Hintze (Handbuch der Mineralogie 1897, 2, 1197) macht darauf aufmerksam, dass die angegebenen Combinationen für Hornblende »recht ungewöhnlich« sind, und dass ferner die zugehörige Figur »unverständlich« ist.

häufig sind Zwillinge, die unter gekreuzten Nicols sofort als solche erkennbar sind . . . Es sind sonach alle hier am Breislakit beobachteten Formen solche der gewöhnlichen Hornblende. Aber auch das optische Verhalten derselben ist durchaus das des Amphibols. Die braun durchscheinenden, trotz ihrer grossen Dünne intensiv gefärbten Nadelchen zeigen einen sehr starken Trichroismus. . . . Ganz ähnlich verhalten sich die feinen, grösstentheils stark gebogenen Haare des Breislakits von der Solfatara, die in filzähnlichen rost-rothen Bündeln zusammenliegen. . . . Die braunen Haare scheinen mit intensiv brauner Farbe durch. An diesen zeigt der Trichroismus folgende Axenfarben: c schwarzbraun, b rothbraun, a braun. Die Auslöschungsschiefe wurde an einigen dieser Fäden zu  $45^{\circ}$  bestimmt. . . . Es kann demnach kein Zweifel mehr obwalten, dass auch diese feinen Gewebe von Breislakit zum Amphibol zu stellen sind.« Da beim Schmelzen mit Borax eine deutliche Eisen-, mit Soda eine schwache Manganreaction erhalten wurde, so meinte v. Lasaulx, der Breislakit »dürfte dem Richterit von Pajsberg am nächsten stehen, dem er wenigstens in Bezug auf die Farbe und das Löthrohrverhalten durchaus ähnlich ist«. Diesen Angaben entsprechend ist dem Breislakit im System ein Platz bei dem Richterit angewiesen worden.

Bereits im folgenden Jahre beschrieb Gonnard (42) ein von ihm auf Tridymitdrusen im Trachyt des Mont-Dore-Gebietes entdecktes Mineral, welches dem Breislakit vom Mte. Olibano so ähnlich war, dass er nicht zögerte, dasselbe damit zu identificiren<sup>1)</sup>. Andererseits erschien ihm die Uebereinstimmung dieses Vorkommens mit manchen Eigenschaften des begleitenden Hypersthens (Szaboit) eine so grosse, dass er die Frage aufwarf, ob die Gebilde vom Rocher du Capucin doch nicht etwa dem letztgenannten Minerale angehörten (43). Demgegenüber betonte Oebbeke (46), dass dieser Breislakit die optischen Eigenschaften der Hornblende besässe. Bemerkenswerth ist übrigens, dass die von Lasaulx dem Breislakit zugezählten haarfeinen Nadeln vom Mte. Calvario bei Biancavilla am Aetna ebenfalls zusammen mit sogenanntem Szaboit aufgefunden wurden (44).

Das von Oebbeke (45) in einer Schlacke des Vulkans Taal auf Luzon beobachtete Breislakit-ähnliche Mineral ist fein haarförmig und unter dem Mikroskope grünlich durchscheinend. Seine optischen Eigenschaften konnten nicht näher bestimmt werden.

An leicht zu übersehender und deshalb auch übersehener Stelle hat endlich K. Haushofer (48) den Breislakit unter dem Hypersthen mit angeführt und zwar unter dem Hinweise darauf, dass die verschiedenen von ihm untersuchten Vorkommen stets gerade Auslöschung zeigten.

In den nachfolgenden Zeilen soll zunächst eine möglichst genaue Beschreibung des Breislakits, wie er in typischer Ausbildung an den drei

1) Vergl. die Note rectificative. Bull. soc. min. 4884, 4, 43.



bekannten Fundorten, nämlich der Lava von La Scala bei Portici vom Vesuvausbruch des Jahres 1631, dem Monte Olibano bei Puzzuoli und dem Lavastrome vom Capo di Bove bei Rom, vorkommt, gegeben werden. Bei allen diesen Vorkommnissen besteht vollständige Uebereinstimmung hinsichtlich ihrer sämtlichen Eigenschaften. Daran anschliessend wird es Aufgabe sein, zu ermitteln, welche Stellung der Breislakit im Mineralsystem einnimmt, sowie auf welchem Wege derselbe entstanden ist.

Das schöne Material von Puzzuoli verdanke ich der Güte des Herrn Dr. C. Gottsche in Hamburg. Grössere Mengen des Vorkommens vom Capo di Bove wurden mir durch Herrn J. Santos Rodriguez in Rom zu Theil, während von den auf der Lava della Scala befindlichen Aggregaten unsere Sammlung aus älteren Beständen noch über ausreichende Quantitäten verfügte.

Bringt man eine kleine Probe der braunrothen, kurzwolligen und flockigen Aggregate auf den Objectträger, so gewahrt man unter dem Mikroskope, bei Anwendung schwacher Vergrösserungen, wirr durcheinander liegende, haarförmige, häufig gekrümmte Individuen, die undurchsichtig sind und im auffallenden Lichte zuweilen metallglänzend erscheinen (Fig. 4, Taf. IX). Diese Haare sind sehr spröde, so dass dieselben in lauter kleine Nadelchen, von denen alsdann kein einziges mehr irgendwelche Krümmung aufweist, zertrümmert werden, sobald sie auf dem Objectträger verrieben werden. Während die Länge der einzelnen Individuen wenige Millimeter erreicht, beträgt die grösste gemessene Breite nur 0,03 mm, dieselbe sinkt aber noch unter 0,0005 mm, also bis ins Unmessbare herab. Es gelingt in keiner Weise senkrecht zur Längsrichtung stehende Durchschnitte zu erlangen. An den Enden sind die Nadelchen gerade abgestumpft. Die gleiche Erscheinung zeigen auch die zerbrochenen Individuen, denen daher augenscheinlich eine basische Spaltbarkeit zukommt. Bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen und zwar besonders, wenn man die Objecte in ein stark lichtbrechendes Medium, wie Monobromnaphthalin, einbettet, erweisen sich die haarförmigen Gebilde als zu einem grossen Theile durchscheinend. Ihre Farbe schwankt zwischen Goldgelb und Gelblichbraun, eine Anzahl bleibt aber selbst bei der Beobachtung im hellsten Tageslichte undurchsichtig. Da die durchsichtigen Individuen stets dunkel umrandet erscheinen, so erweist sich ihr Brechungsvermögen als ein hohes. Man macht zugleich die Beobachtung, dass die einzelnen Haare mit einem äusserst feinen, schwarzen Staube bedeckt sind, so dass die Oberfläche gleichsam ein gekörneltes Aussehen erhält. Möglicherweise beruht diese Erscheinung auf Umwandlungsvorgängen, die vielleicht auch die Undurchsichtigkeit vieler Individuen veranlasst haben. Im Inneren sind dagegen die Breislakite durchaus homogen, wenn man von den rundlichen, meist in die Länge gezogenen, elliptischen, dunkel umrandeten Gaseinschlüssen absieht. Unzweifelhafte Glas-



einschlüsse gelangten nicht zur Wahrnehmung. Als Gemengtheil der Gesteine, in deren Höhlungen er auftritt, kommt der Breislakit nie vor, dagegen wird er zuweilen als Einschluss in den Sanidinblättchen auf der Lava von La Scala, sowie auf derjenigen vom Monte Olibano gefunden. Anfänglich hatte es den Anschein, als ob die Nadelchen in denselben eine grosse Verbreitung hätten. Durch Kochen mit Salzsäure, wodurch der Breislakit aufgelöst wird, überzeugt man sich jedoch bald, dass die Härchen desselben nur ein fest anhaftendes oberflächliches Gespinnst bilden. Die eingeschlossenen Nadeln sind meist zerstückelt, so dass die aneinander gereihten Fragmente durch die wasserklare Substanz des Wirthes getrennt werden.

Die Breislakit-Individuen zeigen mit Bezug auf die Längsaxe zwischen gekreuzten Nicols stets gerade Auslöschung. Pleochroismus ist nicht wahrnehmbar.

Die chemischen Reactionen des Breislakits sind die folgenden:

1) Durch Glühen auf dem Platinblech wird er schwarz und undurchsichtig.

2) Vor dem Löthrohre schmilzt er leicht zu einer magnetischen Kugel.

3) In der Borax-, sowie in der Phosphorsalzperle zeigt er deutliche Eisenreaction, in der letztgenannten auch Kieselskelet.

4) Von heisser Salzsäure, Salpetersalzsäure, sowie von Schwefelsäure wird er leicht und vollständig unter Abscheidung von Kieselsäure zersetzt.

5) Von heisser Salpetersäure werden die schwarzen, undurchsichtigen Individuen nur langsam zersetzt.

6) Durch Schmelzen in Kaliumbisulfat wird er vollständig aufgeschlossen, desgleichen durch Natriumkaliumcarbonat.

7) Mit Salpeter und Soda giebt er auf dem Platinblech eine schwache Manganreaction.

Fügt man auf dem Objectträger zu der salzsauren Lösung etwas Schwefelsäure oder behandelt man den Breislakit direct mit Schwefelsäure, so scheiden sich während des Abdampfens auf dem Wasserbade scharf begrenzte, sechsseitige Blättchen von etwa 0,05 mm Durchmesser aus, die sich häufig zu knospenförmigen Aggregaten gruppiren. Lässt man die Schwefelsäure im Ueberschuss enthaltende Lösung stehen, wodurch dieselbe Wasser anzieht, so verschwinden zugleich die Blättchen, um sich bei erneutem Abdampfen abermals einzustellen. Bei vollständigem Abdampfen bei erhöhter Temperatur werden die Blättchen unter Erhaltung ihrer Form zersetzt, indem sich eine trübe, gekörnelte Substanz bildet. Durch Zusatz von Schwefelsäure gelingt es, die erwähnten Blättchen auf's Neue zu erzeugen. Dieselben besitzen die dem Coquimbit entsprechende Zusammensetzung  $\text{Fe}_2\text{S}_3\text{O}_{12} + 9\text{H}_2\text{O}$ , der, wie G. Linck nachgewiesen hat, rhomboëdrisch

krystallisirt<sup>1)</sup>. Genau dieselbe, soeben beschriebene Reaction geben übrigens auch einige andere eisenreiche Silicate zu erkennen.

Aus den im Vorstehenden geschilderten Eigenschaften des Breislakits geht mit unumstösslicher Gewissheit hervor, dass derselbe keiner einzigen Art angehört, der er bisher zugezählt wurde. Es möge dieser Nachweis noch mit einigen Worten begründet werden. Chapman (7) ging von der an und für sich richtigen Thatsache aus, dass der von ihm untersuchte Krystall ein Augit war. Indem er aber aus dem Zusammenvorkommen mit dem Breislakit, sowie einigen anderen gemeinsamen Eigenschaften, die Identität beider folgerte, machte er sich eines Trugschlusses schuldig. Durch die Behandlung mit Säuren wäre es ihm ein Leichtes gewesen, den Augit von dem benachbarten Breislakit zu trennen.

Die Beobachtungen von A. von Lasaulx (11) sind zum überwiegenden Theile als durchaus unrichtige zu bezeichnen. Unter den hundertten von Breislakitnadelchen, die das Gesichtsfeld passirten, habe ich niemals auch nur ein einziges zu entdecken vermocht, das die von ihm beschriebenen oder überhaupt Gestalten der Hornblende besass. Ebenso wenig wurden Zwillingsskrystalle wahrgenommen, die angeblich häufig sein sollen, und endlich steht auch der geschilderte Pleochroismus, sowie die gemessene Auslöschungsschiefe im vollständigen Widerspruche mit meinen Beobachtungen.

Da von Lasaulx gemeint hat, auf Grund der schwachen Manganreaction dem Breislakit einen Platz in der Nähe des Richterit von Pajsborg anweisen zu dürfen, »dem er wenigstens in Bezug auf die Farbe und das Löthrohrverhalten durchaus ähnlich ist«, so habe ich es für erforderlich erachtet, auch dieses Mineral einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen.

Ist bereits von einer Aehnlichkeit der Farbe, die übrigens in diesem Falle kaum allzusehr in Betracht kommen dürfte, nicht viel zu bemerken, so ist das noch weniger mit Bezug auf das Löthrohrverhalten der Fall. Zwar schmilzt auch der Richterit leicht, jedoch ist die Schmelze nicht schwarz, sondern lichtgelblich und dabei durchaus unmagnetisch. Ausserdem wird die Löthrohrflamme intensiv gelb gefärbt, wovon man bei dem Breislakit nichts bemerkt. Dünnschliffe des Richterit lassen auf den ersten Blick erkennen, dass sein Brechungsvermögen ein weit geringeres ist, als das des Breislakit. Der Pleochroismus ist bereits von A. Michel-Lévy und A. Lacroix richtig angegeben worden: *a* lichtgelb, *b* farblos, *c* gelb-

1) Beiträge zur Kenntniss der Sulfate von Tierra amarilla bei Copiapó in Chile. Diese Zeitschr. 1889, **15**, 6. — Die Angabe von C. A. McMahon (Notes on microchemical analyses of rockmaking minerals. Min. Mag. 1893, No. 46, **10**, 94, 115; ref. diese Zeitschr. **25**, 292), der dieses Salz noch in die holoëdrische Abtheilung des hexagonalen Systems stellt, ist dementsprechend zu berichtigen.

braun<sup>1)</sup>. Die Auslöschungsschiefe mit Bezug auf die Verticalaxe fand G. Flink zu ca.  $47^{\circ}$ ,<sup>2)</sup> Hj. Sjögren zu  $47^{\circ} 45'$  (Astochit, d. i. Natronrichterit)<sup>3)</sup>, Michel-Lévy und Lacroix zu  $20^{\circ}$ . Ich selbst beobachtete Auslöschungsschiefen von  $16^{\circ}$ — $18^{\circ}$ . Durch Glühen wird der Richterit sepia-braun. Der Pleochroismus ist alsdann nur noch ein sehr schwacher und beträgt der Auslöschungswinkel nicht mehr als  $40^{\circ}$ . Es ist somit gänzlich ausgeschlossen, dass eine Verwandtschaft zwischen dem Richterit und dem Breislakit besteht.

Nicht überflüssig dürfte es erscheinen zu bemerken, dass nicht einmal den kleinen schwarzen und glänzenden Hornblendenädelchen, die unter den sublimirten Mineralien des Vesuvs eine ziemliche Verbreitung besitzen, diejenigen Eigenschaften zukommen, welche v. Lasaulx für einen Breislakit, um dessen Hornblendenatur zu erweisen, in Anspruch nimmt. Dieselben sind nämlich grün durchscheinend und besitzen einen schwachen Pleochroismus ( $c = b$  bräunlichgrün,  $a$  grasgrün).

Mit Recht haben Gonnard (43) und K. Haushofer (48) auf einige dem Hypersthen und dem Breislakit gemeinsame Eigenschaften hingewiesen. Das abweichende Verhalten beider gegen Säuren stellt ihrer Vereinigung ein unübersteigliches Hinderniss entgegen.

Wenn man es nun unternimmt, den Breislakit auf Grund der üblichen Methoden zu bestimmen, so stösst man auf drei Mineralien, die mehr oder weniger mit demselben übereinstimmende Eigenschaften zur Schau tragen. Es sind dies Orthit, Liévit und Fayalit.

Der Orthit wurde, wenngleich nur ein einziges Mal, so doch mit völliger Sicherheit durch G. vom Rath am Vesuv nachgewiesen<sup>4)</sup>. Derselbe schmilzt unter Aufwallen zu einer magnetischen Schlacke. Ein solches Aufwallen findet zwar bei dem Breislakit nicht statt, aber bei einem haarförmigen Orthit würde eine derartige Erscheinung ebensowenig zu beobachten sein. Das Verhalten in der Borax-, sowie in der Phosphorsalzperle, ferner das Verhalten gegen Salzsäure ist bei beiden Substanzen genau das gleiche. Dagegen wird der Orthit durch Schwefelsäure und durch Aufschliessen in saurem schwefelsaurem Kali nur unvollständig zersetzt. Auch der geglühte Orthit zeigt eine abweichende Eigenschaft, indem er nicht schwarz wird. Sein Pleochroismus ist weit schwächer geworden und besonders erscheint der parallel  $c$  schwingende Strahl nicht mehr grünlich-braun, sondern braungelb. Da endlich die mikrochemische Prüfung die

1) Les minéraux des roches. Paris 1888, p. 445.

2) Mineralogiska notiser II. Bih. till Sv. K. Vet.-Ak. Handl. 1887, **13**, Afd. 2, No. 7, 82. Ref. diese Zeitschr. **15**, 92.

3) Bidrag till Sveriges mineralogi. Geolog. Fören. i Stockh. Förh. 1894, **13**, 605. Ref. diese Zeitschr. **23**, 157.

4) Mineralogische Mittheilungen. Poggend. Ann. 1869, **138**, 492.



Nichtanwesenheit von Cermetallen im Breislakit ergab, so ist dessen Zugehörigkeit zum Orthit zu verneinen.

Eine weit grössere Uebereinstimmung besteht zwischen dem Liëvrit und dem Breislakit. Der Habitus der Krystalle des ersteren ist durchweg ein säulenförmiger und in dem Augitgesteine am Cap Calamita auf Elba erscheinen sogar Nadelchen, die bei mikroskopischer Betrachtung eine unverkennbare Aehnlichkeit mit denen des Breislakits besitzen (Fig. 2, Taf. IX). Das Verhalten in der Löthrohrflamme, das Verhalten gegen Säuren ist bei beiden Mineralien genau dasselbe. Ebenso wird der Liëvrit durch Glühen schwarz und völlig opak. Nur in Bezug auf zwei Eigenschaften ergaben sich so erhebliche Unterschiede, dass von einer Zusammenlegung beider Mineralien nicht die Rede sein kann. Es gelang nämlich nicht, im Breislakit Kalk nachzuweisen und ferner unterscheidet er sich vom Liëvrit, dass dieser, selbst in den kleinsten Splitttern, einen kräftigen Pleochroismus zur Schau trägt, wie dies zuerst von H. Fischer wahrgenommen worden ist<sup>1)</sup>. Genauere Beobachtungen an orientirten Schnitten verdankt man erst Joh. Lorenzen, dessen Angaben zufolge der parallel *a* schwingende Strahl braungelb, der parallel *b* und *c* schwingende braunschwarz ist. Die Ebene der optischen Axen ist parallel (100)<sup>2)</sup>. Le Gentil hatte sodann gefunden: braunschwarz, fast opak, parallel *b*, lichtbraun parallel *a*<sup>3)</sup>. Meinen am Liëvrit des Monte Fico auf Elba angestellten Beobachtungen zufolge ist (010) Ebene der optischen Axen. Die senkrecht zu (004) stehende erste Mittellinie ist negativ. Der parallel *b* schwingende Strahl ist kastanienbraun, der parallel *a* und *c* schwingende braunschwarz. In gleicher Weise pleochroitisch ist der Liëvrit von Herbornseelbach in Nassau. Da im convergenten Lichte die Lemniscaten nicht wahrgenommen werden konnten, so wurde der optische Charakter mit Hülfe des Quarzkeils im parallelen Lichte bestimmt.

Was nun endlich den Fayalit anlangt, so besteht hinsichtlich seiner wesentlichen Eigenschaften eine so vollständige Uebereinstimmung mit denen des Breislakit, dass ich nicht zögere, den letzteren als eine haarförmige Varietät des erstgenannten anzusprechen. Die chemischen Reactionen sind bei beiden die gleichen, wie denn auch der Fayalit durch Glühen schwarz und opak wird. Was die morphologischen Eigenschaften anbetrifft, so trägt der Fayalit allerdings vorherrschend eine tafelförmige Ausbildung zur Schau und sind nadelförmige Individuen desselben sehr selten<sup>4)</sup>. Nichts

1) Kritisch mikroskopisch-mineralogische Studien. 2. Forts. Freiburg 1873, S. 63.

2) Untersuchung einiger Mineralien von Kangerdluarsuk auf Grönland. Diese Zeitschr. 1894, **9**, 247.

3) Sur l'ilvaite et la bustamite du Cap Bou-Garonne (Algérie). Bull. Soc. Min. 1895, **18**, 412. Ref. diese Zeitschr. **27**, 630.

4) K. C. von Leonhard, Hüttenerzeugnisse. Stuttgart 1858, S. 299.



hindert uns jedoch daran anzunehmen, dass die haarförmigen Gebilde des Breislakits nicht anderes darstellen, als in die Länge gezogene Täfelchen. Uebrigens sind auch, zufolge Lacroix, manche Fayalite gerade wie die Breislakite von einem feinen schwarzen Staube bedeckt <sup>1)</sup>. J. P. Iddings theilt ferner mit, dass am Obsidian Cliff im Yellowstone National Park neben durchscheinenden Fayaliten auch opake angetroffen werden <sup>2)</sup>.

Die optischen Eigenschaften des Breislakits stehen, soweit dieselben der Beobachtung zugänglich sind, in keinem Widerspruche mit denen des Fayalit. Es beruht gewiss nur auf einem Irrthume, wenn H. Fischer für das bekannte Vorkommen von Fayal eine Auslöschungsschiefe von  $7^\circ$  angiebt <sup>3)</sup>. Denn darin stimmen alle übrigen Autoren überein, dass die optischen Verhältnisse dieses Minerals durchaus im Einklange mit seinen Symmetrieverhältnissen stehen. Was indessen die Lage der Ebene der optischen Axen anbetrifft, so gehen die Angaben hierüber möglichst weit auseinander. Zufolge älteren Bestimmungen ist dieselbe parallel (001) und diesen entsprechen auch diejenigen von Iddings an den Fayaliten vom Obsidian Cliff (l. c.) und von Lipari <sup>4)</sup>, ferner von Penfield und Forbes <sup>5)</sup>, sowie eigene Beobachtungen an der Eisenfrischschlacke vom Silbernen Aal bei Clausthal. Erste Mittellinie  $b = c$ , also positiv. Michel-Lévy und Lacroix fanden die Ebene der optischen Axen parallel (100) <sup>6)</sup> und A. Firket sogar parallel (010) <sup>7)</sup>. In Dünnschliffen wird der Fayalit in der Regel goldgelb durchscheinend. Lacroix giebt an, dass er in sehr dünnen Blättchen farblos wird. Der Pleochroismus ist schwach. Am Fayalit vom Obsidian Cliff fand Iddings für den parallel  $a$  schwingenden Strahl lichtgrünlichgelb, für den parallel  $b$  schwingenden goldgelb und in ähnlicher Weise verhalten sich auch künstliche Krystalle desselben. Die honiggelben, durchscheinenden Blättchen von Lipari tragen keinen wahrnehmbaren Pleochroismus zur Schau.

In jeder Hinsicht mit dem Fayalit identisch ist der Neochrysolith, der auf den Klüften der Lava von 1634 an der Cupa di Sabataniello gefunden, von A. Scacchi als ein neues Mineral eingeführt wurde <sup>8)</sup>. Indessen

1) Sur la Fayalite des enclaves volcaniques des trachytes du Capucin (Mont Dore). Bull. Soc. Min. 1894, **14**, 42. Ref. diese Zeitschr. **20**, 278.

2) On the occurrence of Fayalite in the lithophyses of obsidian and rhyolite in the Yellowstone National Park. Americ. Journ. of Sc. 1885 (3), **30**, 60. Ref. d. Ztschr. **11**, 306.

3) Mikroskopisch-mineralogische Miscellen. Diese Zeitschr. 1880, **4**, 373.

4) Fayalite in the Obsidian of Lipari. Amer. Journ. of Sc. 1890 (3), **40**, 77. Ref. diese Zeitschr. **20**, 470.

5) Ueber den Fayalit von Rockport, Mass., und über die optischen Eigenschaften der Chrysolith-Fayalitgruppe. Diese Zeitschr. 1896, **26**, 144.

6) Les minéraux des roches. Paris 1888, p. 248.

7) Minéraux artificiels pyrogénés: Fayalite. Ann. Soc. géol. de Belgique. 1887, **14**, Mém. 203. Ref. diese Zeitschr. **15**, 653.

8) Della Cuspidina e del Neocrisolito, nuovi minerali Vesuviani. Rendic. dell' Accad. delle Sc. fis. e nat. Napoli 1876, **15**, 208 (diese Zeitschr. 1877, **1**, 399). Es ver-

machte derselbe Forscher bereits aufmerksam auf die krystallographische Uebereinstimmung mit Olivin, sowie auf die bedeutenden Mengen von Eisen- und Manganoxydul, die derselbe enthält <sup>1)</sup>. Eine krystallographische Beschreibung verdankt man E. Scacchi, der zu dem Resultate gelangte, dass der Neochrysolith dem Fayalit sehr nahe stehe <sup>2)</sup>.

Im Dünnschliffe wird der Neochrysolith bräunlichgelb bis goldgelb durchscheinend. Er enthält schwarze Erz- und Gaseinschlüsse. Spaltbarkeit parallel (004). Ein Pleochroismus ist nicht wahrnehmbar. Die Ebene der optischen Axen ist parallel (004). Die Lava von 1634 enthält den Neochrysolith nicht als Gemengtheil, wie denn überhaupt der Fayalit bisher hauptsächlich in Cavitäten jüngerer Eruptivgesteine angetroffen wurde, und sein anderweitiges Auftreten noch nicht immer mit genügender Sicherheit als festgestellt erachtet werden kann.

Der Breislakit gehört zu jenen Silicaten, denen A. Scacchi in seiner bekannten Abhandlung aus dem Jahre 1852 (8) eine Entstehung durch Sublimation zuschrieb. J. Roth (9, S. 388) suchte diese Ansicht mit dem Hinweise darauf zu widerlegen, dass das Vorkommen des Breislakit, der Hornblende, des Sodalith u. s. w. bei den Vesuvlaven sich lediglich auf die Spalten und Hohlräume beschränkte und ihre Mengen gegenüber denen der Leucite und Augite sehr zurückträten. Er glaubte als allgemeinen Satz aussprechen zu dürfen: »diese Mineralien seien als die zuletzt krystallisirten in den Hohlräumen ausgeschieden, wozu die in der Mutterlauge bei der Krystallisation zurückbleibenden fremden, wenn in geringer Menge vorhandenen Salze eine entfernte Analogie bieten«.

Erst später, als der Vesuv gelegentlich seiner Eruption im April 1872 ein erstaunliche Menge von Sublimationsproducten, darunter eine nicht unbeträchtliche Anzahl Silicate lieferte, gab Roth stillschweigend seinen Widerspruch auf <sup>3)</sup>. Wenngleich bei der Aufzählung derselben von dem Breislakit nicht die Rede ist, da dessen Bildung seit dem Ausbruche von 1634 nicht mehr beobachtet worden ist, und dieses Mineral auch später unter den sublimirten Silicaten nicht namentlich aufgeführt wird <sup>4)</sup>, so darf

dient hervorgehoben zu werden, dass dieser Fayalit zuerst von G. vom Rath auf der Lava della Scala und ferner auf dem Trachyt des Monte di Cuma entdeckt worden ist (Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1866, 18, 609, 570).

1) Irrigerweise wurde später (Literaturverzeichniss Nr. 47a und 47b) für den Neochrysolith die Formel  $(Ca, Fe)_2SiO_4$  angenommen. Die Berichtigung findet sich bei C. Hintze, Handbuch der Mineralogie 1897, 2, 28.

2) Ueber die Krystallform des Neochrysolith. Diese Zeitschr. 1889, 15, 293.

3) Durch Sublimation entstandene Mineralien, beobachtet bei dem Ausbruch des Vesuvs, April 1872, von Herrn Scacchi. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1872, 24, 494.

4) Allgemeine und chemische Geologie, Berlin 1879, 1, 418.

doch wohl angenommen werden, dass man sich in Bezug auf dasselbe ebenfalls der Scacchi'schen Ansicht angeschlossen hat.

Ein Gegenstand neuerer Untersuchungen wurde dagegen der Fayalit, der seit mehr denn einem Jahrzehnt wiederholt in Lithophysen und Drusenräumen von rhyolithischen und trachytischen Gesteinen nachgewiesen worden ist. Whitman Cross gelangte zu dem Resultate, dass die in denselben auftretenden und von Fayalit begleiteten Topase und Granaten durch Sublimation oder Krystallisation entstanden seien und zwar muthmaasslich durch Einwirkung erhitzter Lösungen gleichzeitig oder fast gleichzeitig während der endgültigen Verfestigung des Gesteines <sup>1)</sup>.

In ähnlicher und noch bestimmterer Form hat J. P. Iddings diesem Gedanken Ausdruck verliehen, indem er, zum Theil auch von theoretischen Erwägungen geleitet, darzuthun versuchte, dass die in den Lithophysen der Rhyolithe auftretenden Mineralien — darunter auch der Fayalit — »are of aqueo-igneous origin and have been produced by the action of the absorbed gas upon the molten glass from which they were liberated during the process of cristallization consequent upon cooling« <sup>2)</sup>.

Es möge nun darauf hingewiesen werden, dass der in den Hohlräumen und Klüften der Lava vom Capo di Bove den Breislakit begleitende Apatit ebenfalls in Gestalt feiner, aber starrer Nadeln ausgebildet ist. Die Beschaffenheit dieser Apatite dürfte im Stande sein, einigen Aufschluss über die Entstehung dieser Mineralien zu gewähren. Zur Untersuchung erscheinen sie um so mehr geeignet, als sie vollkommen wasserklar sind. Unter dem Mikroskope gewahrt man nun neben zarten Prismen von tadelloser Ausbildung auch zahlreiche Kryställchen von gleichem Habitus, die im Inneren einen Glaskegel enthalten, um den die Apatitsubstanz gleichsam nur einen Mantel bildet (Fig. 3, Taf. IX). Das Glas besitzt eine lichtbräunliche Farbe und ist meist durchaus homogen, enthält aber zahlreiche kreisrunde oder elliptische Gaseinschlüsse. In einigen Nadeln ist die Substanz des Kegels globulitisch oder auch krystallinisch entglast. In letztgenanntem Falle gewahrt man aneinander gereihete, sternförmige Aggregate kurzer, farbloser Prismen. An dem unteren Ende der oft mehrere Millimeter langen Prismen ist jedoch lediglich ein langgestreckter, mehr oder weniger cylindrischer Hohlraum vorhanden. Man geht wohl schwerlich in der Annahme fehl, dass der anschliessende Apatit das noch dünnflüssige Magma umhüllt und mit sich fortgerissen habe, bis im Laufe des Weiterwachsens letzteres einen derartigen Grad von Zähigkeit erlangte, dass es seine weiteren Dienste

1) On the occurrence of Topaz und Garnet in Lithophyses of Rhyolite. Americ. Journ. of Sc. 1886 (3), **31**, 437. Ref. diese Zeitschr. **12**, 497.

2) The nature and origin of Lithophysae and the lamination of acid lavas. Americ. Journ. of Sc. 1887 (3), **33**, 42. — Obsidian Cliff, Yellowstone National Park. Seventh Ann. Report U. S. Geol. Survey 1885—1886, Washington 1888, p. 279, 284.



versagte und nun an seiner Stelle ein Hohlkegel entstehen musste. Dass bei der Bildung des Apatits Gase gegenwärtig waren, davon legen die zahlreichen Hohlräume im Glase Zeugnis ab.

Bei dem Breislakit lässt sich derselbe Vorgang nicht verfolgen, schon aus dem Grunde, weil die einigermaassen dicken Haare undurchsichtig sind. Rundliche und elliptische Gaseinschlüsse fehlen, wie bereits erwähnt, den durchscheinenden Individuen nicht. Bemerkenswerth ist noch, dass an der Oberfläche der Lava vom Capo di Bove kleine Grübchen auftreten, die das Aussehen aufgesprungener Pusteln besitzen. Die Wandungen dieser Höhlungen sind häufig mit Breislakit und Apatitnadelchen bekleidet. Fertigt man einen Dünnschliff so an, dass die Wand eines derartigen Hohlraumes durchschnitten wird, so ergiebt die nähere Betrachtung, dass dieselbe, die bereits dem unbewaffneten Auge dunkler und dichter als das eigentliche Gestein erscheint, im Wesentlichen ein Aggregat kleiner, grüner Augit-individuen darstellt, die, soweit dieselben in dem Hohlraum hineinragen, krystallographisch wohlbegrenzt sind. Ausserdem beobachtet man noch etwas Melilith, Nephelin und Magnetit. Leucit, der in so reichlichem Maasse in der eigentlichen Gesteinsmasse vertreten ist, findet sich in der Randzone dieser Höhlungen nicht vor.

Die Verhältnisse am Capo di Bove reden der Cross-Idding'schen Auffassung durchaus das Wort. Bereits aus der ausführlichen Beschreibung durch Zirkel erfährt man, dass das Gestein holokrystallin ist und dass nur einzelne seiner Constituenten, besonders Leucit, Glaseinschlüsse beherbergen <sup>1)</sup>. Die Glaskegel in den Apatitsäulchen beweisen aber, dass sich das Magma zur Zeit ihrer Krystallisation noch in einem dünnflüssigen Zustande befunden haben muss. Die Dämpfe, welche die Blasen im Magma zum Platzen brachten und über dasselbe hinwegstrichen, veranlassten auch die Bildung der Drusenmineralien. Ausgeschlossen ist, dass der Breislakit ein auf Kosten derselben entstandenes secundäres Product darstellt, denn alle die Krystalle, denen er aufsitzt, wie Magnetit (Fig. 4), Augit u. s. w., sind völlig intact geblieben.

Auf der Lava della Scala sind die Associationsverhältnisse etwas andere. Hier kommen die haarförmigen Individuen des Breislakit auf einem Leucitbasanit zusammen mit Sanidin, Augit und Sodalith vor, ferner wird auch gefunden Magnetit und Fayalit (Neochrysolith). Auf den Klüften des Augittrachyts vom Monte Olibano wird der Breislakit abermals von Sodalith, Augit und Sanidin <sup>2)</sup>, sowie von Hornblende und Magnetit begleitet.

1) Ueber die mikroskopische Structur der Leucite und die Zusammensetzung der leucitführenden Gesteine. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1868, **20**, 119.

2) Wenn Möhl (40) Tridymit gesehen zu haben vermeint, so beruht das wohl auf einer Verwechselung desselben mit dem blätterigen Sanidin.



Bei diesen Vorkommen lässt sich nicht ohne Weiteres der Nachweis erbringen, dass dieselben ihre Entstehung der Einwirkung von Gasen und Dämpfen auf das noch nicht erstarrte Magma verdanken. Für die auf der Lava von 1631 auftretenden Mineralien kann eine solche Annahme damit begründet werden, dass man dieselben bereits nach ihrer Erkaltung fertig gebildet vorfand. Ähnliche Verhältnisse müssen auch auf der Lava vom Monte Olibano obgewaltet haben, deren Cavitäten von denselben Mineralien, wie bei La Scala, austapeziert werden. Ueberhaupt muss hervorgehoben werden, dass unzweifelhafter Breislakit bisher ausschliesslich auf Laven angetroffen worden ist.

Die Herausbildung von Augit, Hornblende, Sodalith u. s. w. in Folge der Einwirkung von Gasen und Dämpfen auf bereits verfestigte Gesteine, namentlich Blöcke der älteren Somma-Laven<sup>1)</sup>, ist zuerst von A. Scacchi im Jahre 1852 (8), dann abermals 1872<sup>2)</sup> und ferner wiederholt von G. vom Rath dargethan worden<sup>3)</sup>. Indessen hat bereits Breislak (4)<sup>4)</sup> wahrgenommen, dass auf der geflossenen Lava von 1794 in Torre del Greco Augitkryställchen durch Sublimation entstanden, und ähnliche Beobachtungen auf Schlacken der Vesuveruption von 1839, sowie kleinerer Ausbrüche bis Februar 1850, verdankt man A. Scacchi (8). Als Sublimationsproduct im engsten Sinne des Wortes hat Ebelmen den Fayalit im Rauchfange des Puddelofens zu Seveux, Dep. Haute-Saône, gefunden<sup>5)</sup>. In Betreff des Sodaliths hat G. W. C. Fuchs die Ansicht ausgesprochen, dass derselbe seine Entstehung in der flüssigen und erstarrenden Lava den Exhalationen des Chlornatriums zu verdanken habe<sup>6)</sup>.

Auf die Frage nach der Natur der Gase, welche die Bildung des Breislakits durch Einwirkung auf das flüssige Magma bewirkt haben mögen, ist eine befriedigende Antwort um so weniger zu ertheilen, als selbst die

1) Im Gegensatze zu B. Mierisch (Die Auswurfsblöcke des Monte Somma. Tschermak's Min.-petr. Mittheil. 1887, 8, 184) bin ich der Meinung, dass auch die Mineralneubildungen in den Kalksteinblöcken durch Gase veranlasst worden sind.

2) Contribuzioni mineralogiche per servire alla storia dell' incendio Vesuviano del mese di Aprile 1872. Atti d. R. Accad. d. sc. fis. e nat., Napoli 1872, 5, No. 22, p. 26 (Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1872, 24, 493, in Uebersetzung von J. Roth).

3) Ueber einen merkwürdigen Lavablock, ausgeschleudert vom Vesuv bei der grossen Eruption im April 1872. Pogg. Ann. 1872, 146, 566.

Ueber die chemische Zusammensetzung der durch Sublimation in vesuvischen Auswürflingen gebildeten Krystalle von Augit und Hornblende. Pogg. Ann. 1874, Erg.-Bd. 6, 229.

Mineralogisch-geognostische Fragmente aus Italien. Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. 1873, 25, 230.

4) l. c. 1, 276.

5) Ann. des Mines 1838 (3), 13, 674.

6) Die Veränderungen in der flüssigen und erstarrenden Lava. Tschermak's Mineral. Mitth. Wien 1874, 80.

jüngste Breislakitbildung noch in eine Zeit fiel, wo von genauen Beobachtungen in dieser Hinsicht nicht die Rede sein konnte.

Vergleicht man das Auftreten des Breislakits mit demjenigen der ihn an den verschiedenen Fundpunkten begleitenden Mineralien, so sind gewisse Gesetzmässigkeiten der Associationsverhältnisse nicht zu verkennen. In erster Linie ist hervorzuheben, dass sowohl Breislakit, als Fayalit, bisher ausschliesslich auf Orthoklas- oder Leucitgesteinen, die reich an Kali sind, angetroffen worden sind. In zweiter Linie kommen die Drusenmineralien, welche den Breislakit begleiten, in Betracht. Es sind dies die folgenden:

Capo di Bove:	La Scala:	Monte Olibano:
Leucit	Sanidin	Sanidin
Augit	Augit	Augit
Mikrosommit	Sodalith	Sodalith
Magnetit	Magnetit	Magnetit
Nephelin	Fayalit	Hornblende
Melilith		
Apatit		
u. s. w.		

Als stetige Begleiter des Breislakit treten demnach auf Sanidin oder als dessen Vertreter Leucit, Augit und Magnetit; ferner aber Sodalith oder Mikrosommit, welche beide bis zu 7,43, bzw. 7,65 % Chlor enthalten, dabei aber nicht als Gemengtheile der betreffenden Gesteine auftreten. A. Scacchi<sup>1)</sup> bekundet bereits ausdrücklich, dass der Sodalith die Höhlungen und Spalten des Stromes von 1634 dort gern auskleidet, wo Breislakit gefunden wird. Auf dem Trachyt des Monte di Cuma wird auch der Fayalit von Sodalith begleitet, wie G. vom Rath nachgewiesen hat<sup>2)</sup>. Durch Anführung dieser Thatsachen sind wir aber keinen bedeutenden Schritt vorwärts gekommen. Man kann die Entstehung des Sodalith und des Mikrosommit durch die Einwirkung von Chlornatriumdämpfen zur Genüge erklären, eine Erklärung, die überdies in den Versuchen von J. Lemberg eine Stütze findet<sup>3)</sup>, aber man wird mit Recht fragen dürfen, was dieser Vorgang mit der Bildung des Breislakit bzw. Fayalit, die weder *Cl* noch *Na* enthalten, zu thun hat? Und hierauf muss eben die Antwort schuldig geblieben werden.

Ein näherer Einblick in den ganzen Process, der sich bei der Herausbildung der Drusenmineralien vollzieht, ist uns versagt, und wir können die Vorgänge um so weniger verfolgen, als die bei jenen Gelegenheiten

1) Sur le gisement et sur la cristallisation de la sodalite. Ann. des Mines 1848 (4), 12, 388.

2) Mineralogisch-geognostische Fragmente aus Italien. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1866, 23, 640.

3) Ueber Silicatumwandlungen. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1876, 28, 605, 606.

zugleich entstandenen löslichen Salze längst hinweggeführt worden sind. Kann man einerseits die Thatsache constatiren, dass der Breislakit gern in Begleitung alkalireicher, sowie chlorhaltiger Mineralien auftritt, so muss andererseits darauf hingewiesen werden, dass Vesuvausbrüche bekannt sind, die Chloralkalien in reichlicher Menge als Sublimationsproducte lieferten, ohne dass sich zugleich Breislakit zu bilden vermochte. Ueberhaupt müssen die Verhältnisse, unter denen die sublimirten Mineralien entstehen, im Allgemeinen sehr complicirte sein. Der Vesuv hat eine schöpferische Kraft in Bezug auf Mineralbildungen bethätigt, die ihresgleichen auf dem Erdenrund nicht findet, und doch lehren die verschiedenen Ausbrüche, dass sie sich bald auf das Lebhafteste zu entfalten weiss, bald aber wieder erlahmt, ohne dass an Gasen und Dämpfen jemals Mangel geherrscht hätte. Es muss daher besonders viel auf die chemische Zusammensetzung, ganz abgesehen von dem Temperaturgrade der letzteren, ankommen.

Eines möge aber zum Schlusse noch hervorgehoben werden. Man hat vielfach die Wahrnehmung gemacht, dass die Ausscheidungsfolge der Mineralien in dem erstarrenden Magma eine derartige ist, dass sich zuerst die am meisten basischen und zuletzt die sauersten bilden, ohne dass indessen eine strenge Gesetzmässigkeit in dieser Beziehung obwaltet. Mit dieser nothwendigen Einschränkung <sup>1)</sup> kann man von den durch Sublimation entstandenen Mineralien sagen, dass deren Bildung sich gerade in umgekehrter Reihenfolge vollzieht. Auf der Lava von 1634, auf dem Trachyt des Monte Olibano sitzt der Sanidin, also das kieselsäurereichste Mineral, dem Gesteine zunächst auf. Auch unter den Drusenbildungen des Leucitits vom Capo di Bove erscheint die des Leucit als die älteste. Dann erst folgen an den verschiedenen Fundorten Augit, Sodalith und endlich Breislakit, der überall zu den jüngsten Bildungen gehört. Soweit bestimmte Angaben vorliegen, trifft das Gleiche für den in Hohlräumen von Obsidianen und Trachyten auftretenden Fayalit zu.

---

1) So enthalten Nephelinkrystalle auf der Lava vom Capo di Bove Augit, Melilith und sodann Apatitnadelchen in reichlicher Menge eingeschlossen, deren Bildung dann aber auch noch in einem späteren Zeitraume stattfand.

## XXVII. Neue Beobachtungen am Binnit und Dufrenoyzit<sup>1)</sup>.

Von

H. Baumhauer in Freiburg (Schweiz).

(Hierzu Tafel IX, Fig. 4—9.)

Seitdem ich in dieser Zeitschrift (21, 202) einige deutlich tetraëdrisch-hemiëdrische Binnitkrystalle beschrieben habe, liegt nur noch eine weitere Mittheilung über flächenreiche Krystalle dieses Minerals von C. O. Trechmann<sup>2)</sup> vor. Derselbe untersuchte zwei Krystalle von gleichfalls ausgezeichnet tetraëdrischem Charakter, welcher einerseits durch die nur in vier (positiven) Oktanten auftretenden zahlreichen Triakistetraëder, andererseits durch die Verschiedenheit der Oktaëderflächen — klein und glänzend in den positiven, gross und corrodirt in den negativen Oktanten — ausgeprägt war. Auch waren die Würfflächen, wie ich gleichfalls gefunden hatte, parallel zu den Combinationskanten mit dem positiven Tetraëder gestreift. Was hingegen die zahlreichen von Trechmann aufgeführten positiven Triakistetraëder mit vielfach sehr complicirtem Symbol betrifft, so macht Trechmann selbst darauf aufmerksam, dass manche dieser Formen als Vicinal- resp. Corrosionsflächen anzusehen seien. Dasselbe gilt wohl auch für einzelne von ihm angegebene Deltoiddodekaëder, sowie für das Hexakistetraëder  $\times\{23.42.44\}$ . Aehnliches habe ich an natürlich geätzten Binnitkrystallen neuerdings beobachtet und werde weiterhin darauf zurückkommen. Fragt man nach denjenigen Formen, welche als echte Krystallformen des Binnit bisher beobachtet wurden resp. für solche zu halten sind, so erhält man folgende Reihe:

$\{400\}$ ,  $\{410\}$ ,  $\times\{444\}$ ,  $\times\{4\bar{4}4\}$ ,  $\times\{244\}$ ,  $\times\{2\bar{4}4\}$ ,  $\times\{522\}$ ,  $\times\{49.6.6\}$ ,  $\times\{722\}$ ,  $\times\{444\}$ ,  $\times\{644\}$ ,  $\times\{744\}$ ,  $\times\{40.4.4\}$ ,  $\times\{42.4.4\}$ ,  $\times\{332\}$ ,  $\times\{552\}$ ,  $\times\{4\bar{4}4\}$ ,  $\times\{321\}$ .

1) Ganz kurz mitgetheilt in der letztjährigen Versammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft zu Zürich.

2) Mineralogical Magazine 10, 220; Ref. diese Zeitschr. 25, 299.



Von den vorstehenden Formen wurden  $\alpha\{49.6.6\}$  und  $\alpha\{12.4.4\}$  von mir zuerst beobachtet. Die von mir gefundenen Deltoiddodekaëder  $\alpha\{322\}$  und  $\alpha\{433\}$  möchte ich wegen unvollkommener Ausbildung ihrer Flächen vorläufig noch als unsicher bezeichnen. Ebenso betrachte ich als unsicher die von Trechmann aufgeführten Formen  $\alpha\{755\}$ ,  $\alpha\{855\}$ ,  $\alpha\{344\}$ ,  $\alpha\{922\}$ ,  $\alpha\{544\}$ ,  $\alpha\{844\}$ ,  $\alpha\{944\}$ ,  $\alpha\{12.4.4\}$ ,  $\alpha\{885\}$ ,  $\alpha\{8\bar{8}5\}$ ,  $\alpha\{2\bar{2}4\}$ ,  $\alpha\{5\bar{5}2\}$ ,  $\alpha\{3\bar{3}4\}$ , obgleich die Symbole derselben relativ einfach sind. Die Gründe hierfür ergeben sich aus den von Trechmann in seiner Tabelle aufgeführten Beobachtungen und Bemerkungen.

In letzter Zeit erhielt ich eine Reihe von Binnitkrystallen aus dem Binnenthal, wovon einzelne eine bedeutende Grösse (bis 6 mm) erreichen, und die sich theilweise durch vortreffliche Ausbildung und grossen Flächenreichtum auszeichnen. Zwei sehr schöne Krystalle stellen charakteristische tetraëdrisch-hemiëdrische Combinationen dar. Dieselben sind idealisirt in Figg. 4 und 5, Taf. IX dargestellt. Der erste (I, abgebildet in Fig. 4) zeigt folgende Formen:  $\{400\}$ ,  $\{440\}$ ,  $\alpha\{444\}$ ,  $\alpha\{4\bar{4}4\}$ ,  $\alpha\{244\}$ ,  $\alpha\{2\bar{4}4\}$ . Die Flächen von  $\alpha\{4\bar{4}4\}$  sind grösser als diejenigen des positiven Tetraëders, welche zudem unvollzählig erscheinen; beide sind stark glänzend. Scharf ausgeprägt ist der Unterschied in der Flächenbeschaffenheit von  $\alpha\{244\}$  und  $\alpha\{2\bar{4}4\}$ ; während die Flächen des ersteren glänzend sind, sind die des letzteren, wie ich auch schon früher beobachtete, matt. Bei der Betrachtung dieser matten Flächen mit der Lupe oder besser bei auffallendem Lichte unter dem Mikroskope bemerkt man auf denselben äusserst feine und dichtgedrängte Riefen parallel den Combinationskanten mit  $\alpha\{4\bar{4}4\}$ ; dieselben sind die Ursache der von  $\alpha\{244\}$  abweichenden Beschaffenheit der betreffenden Flächen. Mehrere Kanten von  $\alpha\{244\}$  mit  $\{400\}$  sind, was in Fig. 4 nicht wiedergegeben, durch sehr schmale Flächen der für den Binnit charakteristischen Form  $\alpha\{644\}$  abgestumpft; an zwei solchen parallelen Kanten beobachtete ich die Entwicklung mehrerer vicinaler Formen derselben Zone in Gestalt schmaler Flächenstreifen. Ich maass daselbst folgende Neigungswinkel zu  $(400)$ :  $40^{\circ}0'$ ,  $40^{\circ}29\frac{1}{2}'$ ,  $40^{\circ}44'$ ,  $44^{\circ}40'$ . Dieselben würden sich darstellen lassen durch die Symbole:

$\alpha\{76.4.4\}$ ,	berechnet:	$40^{\circ} 3' 58''$
$\alpha\{35.2.2\}$	-	$4 \quad 37 \quad 13$
$\alpha\{744\}$	-	$44 \quad 25 \quad 48$

$\alpha\{76.4.4\}$  und  $\alpha\{744\}$  werden auch von Trechmann ( $\alpha\{744\}$  schon früher von Lewis) aufgeführt. In derselben Zone maass ich eine sehr schmale Deltoiddodekaëderfläche und fand deren Neigung zu  $(400)$  gleich  $59^{\circ}24'$  (für  $\alpha\{665\}$  berechnet sich dieser Winkel zu  $59^{\circ}29'28''$ ); sie ist als Vicinalfläche zu betrachten.

Der zweite Krystall (II, Fig. 5), 3 mm gross und von vortrefflicher

Ausbildung, zeigt die Combination  $\{410\}$ ,  $\{400\}$ ,  $\alpha\{211\}$ ,  $\alpha\{4\bar{1}1\}$ . Interessant ist ausser dem Fehlen von  $\alpha\{111\}$  dasjenige von  $\alpha\{2\bar{1}1\}$ , wodurch die hemiödrische Natur des Krystalles besonders schön hervortritt. Schmale Abstumpfungen (in der Figur nicht wiedergegeben) beobachtet man an den Kanten  $\{100\} : \alpha\{211\}$ , sowie an  $\alpha\{211\} : \{410\}$ . Erstere sind wahrscheinlich auf  $\alpha\{611\}$ , letztere auf das gewöhnliche Hexakistetraëder  $\alpha\{321\}$  zurückzuführen. Messungen wurden nicht angestellt, da der Krystall (der hiesigen mineralogischen Sammlung angehörend) nicht von der Stufe herabgenommen werden konnte.

Von besonderem Interesse ist ein dritter Krystall (III), welcher sich ausser durch seine Grösse (6 mm) dadurch auszeichnet, dass er drei positive Hexakistetraëder aufweist, also ausser dem bisher allein sicher bekannten  $\alpha\{321\}$  zwei neue. Er zeigt stark entwickelt das Rhombendodekaëder, den Würfel (gestreift nach  $(001):(112)$ ) und das positive Triakistetraëder  $\alpha\{211\}$ , untergeordnet  $\alpha\{111\}$ ,  $\alpha\{332\}$ ,  $\alpha\{324\}$  und  $\alpha\{611\}$ , endlich sehr stark corrodirt  $\alpha\{2\bar{1}1\}$ . Das neue positive Hexakistetraëder  $\alpha\{754\}$  erscheint in schmalen bis ziemlich breiten, gut ausgebildeten Flächen zwischen  $\alpha\{211\}$  und  $\alpha\{332\}$ , deren Combinationskante abstumpfend (s. Fig. 6, welche einen positiven Oktanten dieses Krystalles in gerader Projection auf  $(111)$  darstellt). Ich maass:

$$\begin{aligned} (754):(332) &= 80^{\circ}27' \\ (574):(332) &= 83^{\circ}51' \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} (754):(332) &= 80^{\circ}27' \\ (574):(332) &= 83^{\circ}51' \end{aligned}} \right\} \text{Mittel: } 80^{\circ}34\frac{1}{4}' \text{ (ber. } 80^{\circ}34'23'').$$

Diese Form, welche auch noch an zwei anderen, kleineren Binnitkrystallen beobachtet wurde (s. unten), ist in Fig. 7 über dem holoödrischen Hexakisoktaëder  $\{754\}$  für sich dargestellt.

Das zweite neue positive Hexakisoktaëder liegt zwischen  $\alpha\{211\}$  und  $\alpha\{321\}$ . An dem in Rede stehenden Krystalle beobachtete ich nur eine Fläche desselben und fand deren Neigung zur benachbarten  $(211)$  gleich  $40^{\circ}40\frac{1}{4}'$ . Hieraus berechnet sich das Symbol  $\alpha\{743\}$ , welches verlangt  $40^{\circ}43'29''$ .

Diese Form, durch das Naumann'sche Symbol  $+\frac{7}{3}O\frac{7}{4}$  dargestellt, entspricht, ebenso wie  $\alpha\{321\} + \frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ , der Bedingung:  $m + n = m \cdot n$ ; die holoödrische Gestalt  $\{743\}$  ist also ein Pyramidengranatoëder.

Sehr flächenreich ist auch ein vierter, etwa 2 mm grosser Krystall (IV), welcher folgende Formen zeigt:  $\{400\}$ ,  $\{410\}$ ,  $\alpha\{111\}$ ,  $\alpha\{4\bar{1}1\}$ ,  $\alpha\{211\}$ ,  $\alpha\{2\bar{1}1\}$ ,  $\alpha\{611\}$ ,  $\alpha\{332\}$ ,  $\alpha\{321\}$ , ferner, wie der vorige Krystall, das positive Hexakistetraëder  $\alpha\{754\}$  und dazu ein neues negatives Hexakistetraëder  $\alpha\{9\bar{4}4\} - \frac{9O\frac{9}{4}}{2}$ . Diese letzte Form erscheint mit sehr kleinen Flächen, welche die von  $(001)$ ,  $(101)$  und  $(1\bar{1}2)$  gebildete Ecke schief abstumpfen. Ihr Symbol ergab sich aus folgenden Messungen:

$$\begin{aligned}
 (001):(4\bar{1}9) &= 24^{\circ}40', \text{ ber. } 24^{\circ}36'50'' \\
 (101):(4\bar{1}9) &= 24\ 43 \quad - \quad 24\ 47\ 44 \\
 (0\bar{1}0):(4\bar{1}9) &= 84\ 45 \quad - \quad 84\ 42\ 8
 \end{aligned}$$

Ferner wurde an diesem Krystalle gemessen:

$$\begin{aligned}
 (112):(457) &= 8^{\circ}43\frac{1}{2}' \text{ ber. } 8^{\circ}42'20'' \\
 (457):(233) &= 8\ 34 \quad - \quad 8\ 34\ 23 \\
 (457):(111) &= 43\ 8\frac{1}{2}' \quad - \quad 43\ 9\ 57
 \end{aligned}$$

An einem anderen, sehr kleinen Krystalle fand ich den ersten Winkel, noch besser mit der Rechnung stimmend, zu  $8^{\circ}42\frac{1}{2}'$ .

Krystall V (Fig. 8) endlich ist interessant wegen eines hier zuerst am Binnit beobachteten Tetrakishexaëders {304}. Dasselbe erscheint (ebenso wie  $\kappa\{2\bar{1}1\}$ ) mit matten Flächen. Ich maass:  $(001):(103) = 48^{\circ}48\frac{1}{2}'$ , ber.  $48^{\circ}26'6''$ . Fig. 8 stellt den Krystall in gerader Projection auf (001) dar. In der Zone  $(001):(112)$  wurde zunächst eine Reihe von Reflexen beobachtet, welche auf zu (001) vicinale Triakistetraëder hindeuten und u. a. folgende Neigungswinkel zu dieser Fläche ergaben:  $2^{\circ}0\frac{1}{2}'$ ,  $2^{\circ}53'$ ,  $4^{\circ}3\frac{1}{2}'$ . Dieselben könnten wohl bezogen werden auf  $\kappa\{40.1.1\}$ ,  $\kappa\{28.1.1\}$  und  $\kappa\{20.1.1\}$ , welche erfordern  $2^{\circ}1'29''$ ,  $2^{\circ}53'29''$  und  $4^{\circ}2'41''$ ;  $\kappa\{28.1.1\}$  wird auch von Trechmann aufgeführt. Die Kante  $(103):(013)$  wird dann gerade abgestumpft durch eine Fläche von  $\kappa\{611\}$ , auf welche eine Abstumpfung der Kante  $(101):(013)$  folgt in Form einer gerundeten Fläche mit verzerrtem Reflex, deren Neigung zu (001) gleich  $49^{\circ}35'$  gefunden wurde, während  $\kappa\{411\}$   $49^{\circ}28'46''$  erfordert.

Aus dem Mitgetheilten ergibt sich, dass den oben aufgeführten, als sicher erkannten Formen noch folgende hinzuzufügen sind:

$$\kappa\{754\}, \kappa\{743\}, \kappa\{9\bar{4}1\}, \{304\}.$$

Wie bemerkt, nimmt man an den Binnitkrystallen zuweilen deutliche Zeichen einer natürlichen Aetzung wahr. Dies gilt hinsichtlich der vorstehend beschriebenen besonders von Krystall III, sowie ausserdem von einem weiteren Krystall VI, welcher deshalb in Fig. 9 besonders abgebildet wurde und zunächst besprochen werden soll. Derselbe zeigt auf den Würfelflächen, namentlich von den Kanten  $\{001\}:\kappa\{1\bar{1}2\}$  ausgehend, eine deutliche feine bis grobe Streifung parallel den Kanten  $\{001\}:\kappa\{112\}$ . Dieselbe ist sogleich als die Folge einer natürlichen Aetzung zu erkennen. An der Fläche (001) Fig. 9 wurde versucht, die Lage der diese Streifen resp. Furchen begrenzenden Aetzflächen durch Messung festzustellen. Dabei erhielt ich als Neigungswinkel zu (001) die Werthe  $43^{\circ}25\frac{1}{2}'$  und  $43^{\circ}34'$ , welche sehr nahe auf  $\kappa\{116\}$  führen (ber.  $43^{\circ}45'46''$ ). Bei der Durchmessung dieser wie auch der übrigen an diesem Krystalle entwickelten Zonen  $\{001\}:\kappa\{112\}$  erhielt ich dann noch eine Reihe von meist sehr schwachen Reflexen, welche ausser auf  $\kappa\{116\}$  noch auf verschiedene andere positive Triakis-

tetraëder zurückgeführt werden können. Ohne den betreffenden Messungen einen besonderen Werth zuerkennen zu wollen, führe ich die erhaltenen Zahlen an, da sie doch vielleicht eine gewisse Bedeutung haben.

Gef. Neigung zu {001}:	Symbol:	Ber. Neigung zu {001}:
20° 56 $\frac{1}{2}$ '	$\pi\{28.1.1\}$	20° 53' 29"
8 2	$\pi\{40.1.1\}$	8 2 58
12 49 $\frac{1}{2}$	$\pi\{13.2.2\}$	12 46 29
16 43	$\pi\{47.10.10\}$	16 44 47
18 51 $\frac{1}{2}$ ', 59'	$\pi\{411\}$ (?)	19 28 46
20 15	$\pi\{19.5.5\}$	20 24 48
24 56 $\frac{1}{2}$	$\pi\{722\}$	22 0 6
24 56', 25° 0'	$\pi\{311\}$	25 14 22

Die Uebereinstimmung zwischen Messung und Berechnung ist meist eine gute. Da nun diese Formen sämmtlich von Trechmann unter den zahlreichen von ihm beobachteten aufgeführt werden, und er selbst eine Anzahl der letzteren für Präerosionsflächen zu halten geneigt ist, so können meine Beobachtungen an diesem stark geätzten Krystalle nur zur Bestätigung jener Ansicht dienen. Welche von den neuen Formen, die Trechmann aufführt, als ursprüngliche zu bezeichnen sind, ist demnach zur Zeit wohl nicht zu entscheiden. Eine Ausnahme hiervon machen  $\pi\{10.1.1\}$  und  $\pi\{411\}$ , welche schon früher von Hessenberg beobachtet wurden;  $\pi\{611\}$  ist sehr gewöhnlich und eine der charakteristischen Formen des Binnit.

Während auf den Würfelflächen Furchen parallel den Kanten {001} :  $\pi\{211\}$  erscheinen, treten auf den Dodekaëderflächen solche nach den Kanten {110} : {001} auf. Die Aetzflächen, von welchen sie begrenzt werden, erglänzen im reflectirten Lichte gleichzeitig mit den benachbarten Würfelflächen. Am meisten corrodirt erscheinen jedoch die Flächen von  $\pi\{211\}$  —  $\frac{202}{2}$ . Dieselben sind mit Aetzhügeln bedeckt, welche entweder einzeln

auftreten oder nach der Richtung der Combinationskante der Fläche mit dem Würfel reihenweise angeordnet resp. zu (kammförmig gezackten) Aetzwällen gestreckt sind (s. Fig. 9). Diese Aetzhügel werden von Flächen begrenzt, welche, wie man durch Spiegellassen erkennt, mit solchen von {001}, {110} und  $\pi\{111\}$  zusammenzufallen scheinen.

Die Flächen von  $\pi\{211\}$ ,  $\pi\{111\}$  und  $\pi\{332\}$  sind stellenweise völlig intact und glänzend, stellenweise bemerkt man jedoch auf  $\pi\{211\}$  gleichschenkelig-dreiseitige Aetzindrücke, welche parallel der Kante (211):(111) gestreckt sind und die Basis der Dreiecke nach (111) wenden; auf (111) gleichseitig-dreiseitige kleinere Vertiefungen, welche ihre Ecken nach den Flächen von  $\pi\{211\}$  wenden, sowie grössere Eindrücke von gleicher Form, aber um 180° gedrehter Stellung; endlich auf  $\pi\{332\}$  kleine fünfseitige



Vertiefungen mit zwei parallelen Seiten, welche durch eine der Kante (332):(211) parallele Linie symmetrisch halbirt werden.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass das Zonenstück (332) (111) (112) (001) bis (332) eine Aetzzone oder, wohl besser gesagt, eine Region grösseren Widerstandes gegen das Aetzmittel darstellt; andererseits erkennt man in (112) (001) (112) eine Region geringeren Widerstandes gegen die Aetzung. Die Fläche (001) gehört beiden Zonenstücken an. Als primäre Aetzflächen sind diejenigen von {001}, {110} und  $\pi\{111\}$  zu bezeichnen, wengleich die beiden ersten selbst mehr oder weniger stark corrodirt sind. Die Rolle einer Aetzfläche spielt auch  $\pi\{611\}$ . Sehr interessant ist der Gegensatz zwischen  $\pi\{211\}$  und  $\pi\{2\bar{1}1\}$ ; während erstere Form dem Aetzmittel einen grossen Widerstand leistet, sind die Flächen der letzteren ausgezeichnete Lösungsflächen, wie die darauf erscheinenden Aetzhügel beweisen. Es ist wahrscheinlich, dass die zwölf zu den Flächen von  $\pm \frac{202}{2}$

senkrechten Linien diejenigen polaren Richtungen innerhalb der Binnitkrystalle darstellen, nach welchen deren Substanz dem hier in Betracht kommenden Aetzmittel, dessen Natur allerdings noch unbekannt ist, den grössten resp. kleinsten Widerstand entgegengesetzt.

Der grosse Krystall III zeigt, wie bemerkt, ebenfalls deutliche Spuren einer natürlichen Aetzung. Die Flächen des Würfels sind auch hier stark gestreift nach den Combinationskanten mit  $\pi\{211\}$ ; an der Begrenzung dieser Streifen resp. Furchen betheiligt sich wieder hervorragend die Form  $\pi\{611\}$ . Auf dem Dodekaëder erscheinen zahlreiche Aetzeindrücke von theilweise sehr regelmässiger Ausbildung. Dieselben sind vier- bis sechseitig, gestreckt und symmetrisch nach der Kante (001):(110) resp. nach der kurzen Rhombendiagonale, unsymmetrisch nach der dazu senkrechten längeren Diagonale der betreffenden Dodekaëderfläche, wie es der tetraëdrischen Hemiëdrie entspricht. Die Eindrücke erglänzen gleichzeitig mit den benachbarten Flächen von  $\pi\{211\}$  und {110}.

Am stärksten corrodirt sind die Flächen von  $\pi\{2\bar{1}1\}$ . An der Begrenzung der auf ihnen auftretenden Aetzhügel betheiligen sich die benachbarten Flächen von {100}, {110} und  $\pi\{111\}$ , also genau wie bei dem soeben besprochenen Krystalle VI. Im vollkommensten Gegensatze dazu steht  $\pi\{211\}$ , dessen Flächen am wenigsten (oder doch mit am wenigsten) angegriffen sind. Sehr glänzend, ähnlich  $\pi\{211\}$ , sind auch geblieben  $\pi\{111\}$ ,  $\pi\{332\}$  und  $\pi\{754\}$ ; ihre Flächen zeigen nur schwache Spuren eines Angriffes. Deutliche Aetzeindrücke, zuweilen dichtgedrängt, zeigen hingegen wieder die Flächen von  $\pi\{321\}$ ; dieselben sind vierseitig-trapezförmig und unsymmetrisch. Eine ihrer Aetzflächen erglänzt gleichzeitig mit der benachbarten Fläche von  $\pi\{211\}$ .

Es bilden also in dem Zonenstücke (001) (112) (111) (332) (110) die drei mittleren Flächen eine Region geringster Angreifbarkeit durch das Aetzmittel, beiderseits eingeschlossen von einer Fläche grösserer Angreifbarkeit (001) und (110), welche jedoch beide noch die Rolle primärer Aetzflächen spielen. Andererseits enthält der Zonenverband (211) (312) (101) (112) (011) (132) (121) eine Region (312) (101) (112) (011) (132), gebildet von stärker resp. am stärksten angegriffenen Flächen und eingeschlossen von Flächen geringster Angreifbarkeit (211) und (121), welche letzteren deshalb auf (312), (101), (011) und (132) als Aetzflächen fungiren.

Während in den letzten Jahren in Binn eine grosse Zahl, theilweise sehr gut ausgebildeter Krystalle von Jordanit gefunden wurde, sind solche von **Dufrenoyzit** weit seltener angetroffen worden. Doch konnte ich für das hiesige mineralogische Institut einen aussergewöhnlich grossen (18:18:6 mm messenden), nach der Axenebene  $a:b$  besonders stark entwickelten Krystall erwerben. Derselbe weist eine intensive und vielfach wiederholte Furchung resp. Streifung nach der Makrodiagonale auf. Er bot in Folge dessen der Messung mannigfache Schwierigkeiten dar, nach deren Ueberwindung es gelang, folgende Formen zu bestimmen:

1. Pinakoide: {100}, {010}, {001};
2. Pyramiden: \*{223}, {111}, {221}, \*{441};
3. Prisma: {110};
4. Brachydomen: \*{027}, \*{013}, \*{025}, \*{049}, {012}, \*{047}, {023};
5. Makrodomen: {104}, \*{207}, \*{103}, \*{205}, {102}, \*{407}, {203}, {101}, {204}.

G. vom Rath hatte ausser den drei Pinakoiden und dem Protoprisma zwei Pyramiden, fünf Makro- und drei Brachydomen, im Ganzen 14 Formen beobachtet; der erwähnte Krystall weist ausser denselben (mit einziger Ausnahme von {011}) noch elf neue Formen auf, welche oben mit \* bezeichnet sind. Die Feststellung obiger Symbole gründet sich auf folgende Messungen. Ich fand:

(001): (027) = 23° 39', 49½'	ber. 23° 37½'
: (013) = 27 4, 10½'	- 27 2
: (025) = 34 29, 33	- 34 29
: (049) = 33 54½'	- 34 14
: (012) = 37 24½', 38'	- 37 26
: (047) = 44 28½'	- 44 11
: (023) = 45 38', 26'	- 45 35

$(001):(104) = 22^{\circ} 12\frac{1}{2}'$	ber. $22^{\circ} 11\frac{1}{2}'$
$:(207) = 25 \quad 1$	- $25 \quad 0$
$:(103) = 28 \quad 40\frac{1}{2}$	- $28 \quad 33$
$:(205) = 33 \quad 3$	- $33 \quad 8$
$:(102) = 39 \quad 14$	- $39 \quad 13$
$:(407) = 42 \quad 50$	- $43 \quad 0$
$:(203) = 47 \quad 22\frac{1}{2}$	- $47 \quad 24\frac{2}{3}$
$:(104) = 58 \quad 33\frac{1}{2}$	- $58 \quad 30$
$:(204) = 72 \quad 57$	- $72 \quad 58$
<hr/>	
$(100):(110) = 43^{\circ} \quad 0'$	ber. $43^{\circ} 10\frac{1}{2}'$
$(010):(110) = 46 \quad 56$	- $46 \quad 49\frac{1}{2}$
$(111):(22\bar{1}) = 36 \quad 39\frac{1}{2}$	- $36 \quad 41$
$(110):(221) = 42 \quad 41, 27\frac{1}{2}', 42'$	- $42 \quad 36$
$(110):(111) = 24 \quad 8\frac{1}{2}$	- $24 \quad 5$
$(110):(441) = 6 \quad 7\frac{1}{2}$	- $6 \quad 22\frac{1}{2}$
$(110):(223) = 33 \quad 48$	- $33 \quad 50$

Die zahlreichen Makrodomen bilden — abgesehen von {407} — eine ununterbrochene Reihe, indem die auf die Verticalaxe bezüglichen Coefficienten, auf den Zähler 2 gebracht, folgende Form annehmen:  $\frac{2}{3}, \frac{2}{7}, \frac{2}{6}, \frac{2}{5}, \frac{2}{4}, \frac{2}{3}, \frac{2}{2}, \frac{2}{1}$ . Ihnen entsprechen von den Brachydomen die folgenden mit den Coefficienten:  $\frac{2}{7}, \frac{2}{6}, \frac{2}{5}, \frac{2}{4}, \frac{2}{3}$ ; ausserdem entspricht {047} dem Makrodoma {407}. Es erscheint mir nicht überflüssig, auf solche Beziehungen hinzuweisen, da sie vielleicht für eine spätere Betrachtung über den molekularen Bau der Dufrenoyzitkrystalle von Bedeutung sein können.

## XXVIII. Das Vorkommen von Lawsonit in der Basilicata (Unteritalien).

Von

C. Viola in Rom.

---

Die massigen Gesteine, welche das Mineral Lawsonit führen, treten an der Grenze zwischen der Provinz Basilicata und Calabrien ungefähr auf der Wasserscheide des südlichen Apennin auf, aber reichlicher auf dem jonischen Abhange in dem sogenannten Hochthale des Sinni, welch' letzterer im Gebiete des Lagonegro mitten unter Kalk- und Kieselgesteinen der Trias entspringt und in den Golf von Tarent mündet. Diese massigen Gesteine sind noch nicht eingehend studirt worden <sup>1)</sup>.

Sie gehören zu den Gabbro-Diabas-Peridotit-artigen Gesteinen, und ihre Eruption fällt in die Eocänzeit (Flyschformation). Sie sind am meisten entwickelt in San Severino Lucano, im Fridathale (Nebenfluss des Sinni), in Manca di Latronico, oberhalb Castelluccio und in Episcopia. Sie treten auf folgende Weise auf: Den untersten Theil bilden aus Lherzolith und Pikrit entstandene Serpentinegesteine, darauf folgen abwechselnd Diabas- und Gabbrogesteine, worin der Diallag theilweise oder ganz durch ursprünglichen Amphibol ersetzt wird. Im Fridathale gehen die genannten Gesteine in grosser Ausdehnung in Prasinite (Feldspath- und Amphibolgesteine), Hornblendefelse, und im Contact dieser Gesteine mit Kalkgebirgen in Granat führende Prasinite über <sup>2)</sup>.

Die Sedimentärformation, in welcher sie sich vorfinden, und mit welcher sie theilweise abwechseln, besteht aus grünen, violetten und röthlichen, stark gefalteten Thonschiefern, ferner aus Kalkschiefer, Diabastuffen und krystallinischem, weissem, bald auch Chlorit führendem Kalksteine. Wegen dieser Formation, welche eine auffallende Analogie mit den ältesten Ge-

---

1) G. de Lorenzo, Studi di Geologia nell' Appennino meridionale. Atti R. Accad. delle Scienze fisiche e matem. di Napoli 1896, Serie 2a, 8.

2) C. Viola, Nota preliminare sulla regione dei Gabbri e delle Serpentine nell' alta Valle del Sinni in Basilicata. Bull. R. Com. geol. 23, 105. — Comunicazione preliminare sopra un terreno cristallino in Basilicata. Ebenda 244. — Sull' albite di secondaria formazione quale prodotto di metamorfismo dinamico delle diabasi e dei Gabbri in Basilicata. Ebenda 25, 304. — Ueber Contactmetamorphose der Diabase in der Basilicata (Italien). Compte rendu du Congrès géologique International, 6e Session, 1894, Zürich.



birgen der Alpen zeigt, hat man die oben genannten massigen Gesteine als archaische bezeichnet. Später, als de Lorenzo in den daneben vorkommenden und mit den massigen Gesteinen im Contact auftretenden Kiesel-schiefern die obere Trias entdeckte, wurden die Diabas- und Gabbro-gesteine ebenfalls zu derselben gerechnet. Endlich fand ich bei der Manca di Latronico zwischen den Diabastuffen Eocänkalksteine, wodurch das richtige Alter der massigen Gesteine festgestellt war.

An einigen Orten dieses wichtigen Gebietes habe ich die Contact- und Dynamometamorphose der Gesteine studirt und darüber in den oben citirten Aufsätzen schon theilweise referirt. So beschrieb ich die regenerirten Albite, die sich in den Adern und Drusen der Diabase in der Manca di Latronico schön auskrystallisirt vorfinden, die Granat- und Hornblende-führenden Gesteine und Pegmatite, welche an den Salbändern der Gabbro-gesteine bei Episcopia im Sinnithale auftreten.

Die zum Labrador und Bytownit gehörenden Feldspäthe der Diabase und Gabbrogesteine sind in Saussurit, d. h. in ein Gemisch von Albit, Glimmer, Quarz und ein anderes Mineral, bald Epidot, bald Lawsonit, umgewandelt.

Der Lawsonit findet sich in den metamorphosirten Gesteinen von der Manca di Latronico, des Monte Brancata, des Magnano-Waldes und bei San Severino Lucano vor. Auch die Feldspäthe der Diabastuffe von Manca di Latronico sind in Saussurit umgewandelt, wo das Kalksilicat nicht Epidot, sondern Lawsonit ist. Der Lawsonit findet sich ausserordentlich reichlich sowohl in den umgewandelten Plagioklasen, als auch mit Quarz und Albit in den Adern und Drusen der Diabase vor.

Die eingewachsenen, idiomorphen Krystalle des Lawsonits sind so mikroskopisch klein, dass leider wenige optische Bestimmungen möglich sind.

Durch die auf der spitzen Bisectrix  $c$  senkrechten Schlitze habe ich

$$2V > + 80^\circ$$

erhalten. In den Gesteinen der Basilicata erscheint der Lawsonit entweder in auf  $[004]$  senkrechten Sechsecken, welche aus dem Prisma  $\{110\}$ , wo  $(110):(1\bar{1}0) = 67^\circ$  ist, und aus dem Pinakoid  $\{010\}$  gebildet sind, oder aber in langgestreckten aus  $\{100\}$  und  $\{010\}$  gebildeten Rechtecken, deren Ecken hier und da durch die Flächen des Prisma  $\{110\}$  abgestumpft werden.

In den Dünnschliffen ist die mit der Ebene der optischen Axen zusammenfallende Spaltbarkeit  $(010)$  sehr deutlich sichtbar; die Längsschnitte lassen auch eine unvollkommene Spaltung  $(100)$  erkennen. Die nach der Kante  $[100]$  ausgebildeten Krystalle sind häufiger als die nach der Fläche  $(004)$  ausgebildeten. Die nach  $(110)$  bekannten Zwillinge sind ziemlich selten.

Wenn die Dünnschliffe des Lawsonits stark erhitzt werden, trüben sie sich deutlich.

Ich habe in den Dünnschliffen den mittleren Werth des Brechungsvermögens

$$\beta = 1,676$$

bestimmt, und mit dem Quarzkeil als Comparator

$$\gamma - \alpha = 0,020$$

$$\gamma - \beta = 0,040 \quad \text{bekommen.}$$

Dies letztere Ergebniss scheint etwas zu klein im Verhältniss zu demjenigen von Ransome und Palache <sup>1)</sup>.

Der Lawsonit ist in den Dünnschliffen farblos durchsichtig. Seine mikroskopische Physiographie ist derjenigen des Andalusit sehr ähnlich, so dass diese zwei Minerale in den Längsschnitten leicht verwechselt werden können, auch besonders wegen ihren optischen Zeichen und des Doppelbrechungsvermögens, welches bedeutend kleiner ist als dasjenige des Epidots.

In Bezug auf das einfache Brechungsvermögen kann man den Lawsonit leicht mit den Pyroxenen der Diabase verwechseln.

Diabase, welche viel Zoisit führen, sind aber arm an Lawsonit. Diese Beobachtungen habe ich ebenfalls in den Gabbrogesteinen von Bargone unweit Sestri Levante (Provinz Genua) gemacht, welche mir von Herrn Zaccagna zur Einsicht überlassen wurden. Die metamorphischen Diabase der Basilicata, welche viel Lawsonit führen, haben dagegen wenig Epidot; folglich wäre anzunehmen, dass im Processe des Dynamometamorphismus der Zoisit und der Lawsonit sich gegenseitig vertreten.

Da es wahrscheinlich ist, dass der Lawsonit dadurch entsteht, dass zu einem Molekül Barsowit zwei Moleküle Wasser hinzutreten, so ist die Reaction auf den Plagioklas viel einfacher, als die zur Bildung von Zoisit nothwendige.

Es genügt in der That, dass sich zuerst der Albit von dem im Plagioklas enthaltenen Anorthit trennt, und dass dieser sich in zwei Moleküle spaltet, deren jedes dann zwei Moleküle  $H_2O$  an sich zieht. Vergleichen wir die Molekularvolumen vor und nach der Reaction:

Molekularvolumen:		Molekularvolumen:	
Anorthit	201,4	2 Lawsonit	203,6
4 $H_2O$	72,0		

Das Verhältniss dieser zwei Molekularvolumen ist 0,745, was so viel bedeutet, als dass die Einheit des Volumens der Substanzen vor der Reaction sich nach derselben auf 0,745 vermindert. Dagegen erfolgt die zur Bildung des Zoisits nothwendige Reaction in der Weise, dass die Volumenverminderung nur 0,845 beträgt <sup>2)</sup>.

1) F. H. Ransome und Ch. Palache, Ueber Lawsonit, ein neues gesteinsbildendes Mineral aus Californien. Diese Zeitschr. 1895, 25, 534.

2) F. Becke, Ueber Beziehungen zwischen Dynamometamorphose und Molekularvolumen. K. Akademie der Wissenschaften in Wien. Sitzung der math.-naturw. Cl. vom 23. Januar 1896.

# XXIX. Beitrag zur Kenntniss des Pseudogaylussit und über dessen Vorkommen in Holland.

Von

F. J. P. van Calker in Groningen.

(Hierzu Taf. IX, Fig. 40—45.)

## 1. Vorkommen von Pseudogaylussit in Holland.

Vor einiger Zeit kam ich in den Besitz von einer Anzahl meist kugelförmiger Krystallgruppen, welche bei Onderdendam, circa 12 km nördlich von der Stadt Groningen, in einer Tiefe von 8—9 Fuss in alluvialem Thonboden gefunden waren. Die charakteristische pyramidale Form der die Gruppen zusammensetzenden Krystalle, welche mich an die bekannten Pseudomorphosen von Sangerhausen erinnerte, liess mich dieselben sofort als Pseudogaylussit erkennen. Auch die Analogie der Art und Weise dieses Vorkommens mit dem an den schon lange bekannten Fundstellen im Marschboden am Dollart, in der Umgegend von Emden und in Schleswig trug zu dieser Deutung bei. Da ich jedoch solche kugelförmige Gruppen von anderen Fundorten noch nie gesehen hatte, so hielt ich es für geboten, dieselben einer näheren Untersuchung zu unterwerfen, wozu überdies auch die Seltenheit eines ursprünglich holländischen Mineralvorkommens anregte. Durch die Freundlichkeit der Herren Gottsche (Hamburg) und Dekker (Emden) war ich in der Lage, das vorliegende Vorkommniss mit dem aus Schleswig und vom Dollart bekannten zu vergleichen. Es blieb darnach zwar nicht mehr der geringste Zweifel an der Richtigkeit obiger Deutung, jedoch veranlasst mich nicht nur der neue Fundort, sondern auch die Besonderheit der morphologischen Verhältnisse unseres Vorkommens zu dieser Mittheilung.

Die Grösse der meisten Pseudogaylussitgruppen von Onderdendam variirt von 1 bis 3 cm, dieselben sind von gelblicher Farbe und haben eine mehr oder weniger regelmässig kugelförmige Gestalt (Fig. 40—45). Letztere ist übrigens abhängig von der sehr wechselnden Grösse und Anzahl

der aggregirten Krystalle. Die Grösse der letzteren schwankt im Längsdurchmesser zwischen einigen Millimetern und 3 cm, während die Anzahl der zu einer Gruppe vereinigten Individuen von etwa 10 bis über 100 steigen kann. Sind die Einzelkrystalle gross, so durchkreuzen dieselben einander und bilden eine sternförmige oder auch eine um einen grossen Mittelkrystall angeordnete kranzförmige Gruppe (Fig. 10, 13, 14, 15). Bei mittlerer Grösse der Krystalle ist die Durchkreuzung noch mehr oder weniger deutlich erkennbar und kommen namentlich kugelförmige Gruppen (Fig. 11) vor, während ausser dieser Form, besonders bei den aus kleineren, mehr oder weniger abgerundeten Kryställchen zusammengesetzten Gruppen die Himbeerform (Fig. 12) häufig ist, welche eine Anordnung um eine Axe erkennen lässt. Vielfach zeigen sowohl Oberfläche als Zwischenräume der Einzelkrystalle hier und da blaue Flecke von erdigem Vivianit.

Wiewohl auf der Oberfläche der Gruppen durch die nach allen Seiten hinausragenden grösseren spitzpyramidalen oder kleineren abgerundeten, den Himbeerfrüchtchen ähnelnden Krystalle die Zusammensetzung eines Aggregates auf's Deutlichste hervortritt, zeigt das Innere der Kugeln nur auf einer centralen Schnittfläche Andeutungen einer centralen oder axialen Structur, während dasselbe sonst gleichartig von poröser, zelliger Textur erscheint.

Was nun die Beschaffenheit der einzelnen Krystalle betrifft, so haben namentlich die grösseren derselben die für Pseudogaylussit charakteristische, von den verschiedenen Fundorten, wie Obersdorf bei Sangerhausen in Thüringen, Kating bei Tönningen in Schleswig, Emden u. a., bekannte spitzpyramidale Form, mit mehr oder weniger gewölbten Flächen, die kleineren sind stumpfer und meistens besonders stark abgerundet. Ihre Oberfläche ist durchaus glanzlos, rauh, körnig oder wie zerfressen und zeigt bei den grösseren Krystallen einen aggregirten Bau, schuppenähnliche Zusammensetzung oder fächerartige Lagerung der einen scheinbar einheitlichen Krystall zusammensetzenden Theilkrystalle (Fig. 10, 13, 14). Das Innere derselben hat, wie schon oben angedeutet, eine zellig-poröse Beschaffenheit, indem dasselbe aus scheinbar lose zusammenhängenden, optisch ganz verschieden orientirten Kalkspathkörnchen besteht. Nichtsdestoweniger ist die Festigkeit eine ganz beträchtliche, wie man beim Durchsägen und Anfertigen von Dünnschliffen erfährt. Der aggregirte Bau der Einzelkrystalle und deren vielfache und innige Aggregation zu Gruppen erschwert ungemein ein deutliches Erkennen der Krystallform, und von einer auch nur einige Genauigkeit beanspruchenden Winkelmessung kann wegen der Oberflächenbeschaffenheit gar nicht die Rede sein. Ich habe solche zwar mittelst eines Contactgoniometers auszuführen gesucht, aber nicht nur an den gleichartigen Kanten sowohl verschiedener Krystalle als ein und derselben Pyramide, sondern auch an verschiedenen Stellen ein und derselben Kante



zwischen so weiten Grenzen variirende Werthe erhalten, dass ich darauf kein Gewicht lege.

Zur Ausführung der chemischen Untersuchung wurden ein Paar der kugelförmigen Gruppen so vollständig wie möglich von anhaftenden Thon- und Vivianittheilchen gereinigt. Die lufttrockene Substanz verlor bei lange fortgesetztem Erhitzen bei 400° C. 0,7704 % Wasser, und noch 1,8044 % (direct gewogen) bei einstündigem Glühen im Kohlensäurestrom. Die Analyse (I) ergab dann:

	I.	II.	III.	IV.
<i>CaO</i>	50,6284	50,48	50,45	49,44
<i>MgO</i>	0,5000	2,88	4,37	4,99
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	1,8657	0,25	0,74	1,29
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	1,2985			
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	0,2718	—	—	—
<i>K<sub>2</sub>O</i>	0,4086	—	—	—
<i>SiO<sub>2</sub></i>	0,4426	—	—	—
<i>CO<sub>2</sub></i>	40,4659	44,85	40,90	40,34
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	—	0,30	Spur	Spur
<i>SO<sub>3</sub></i>	0,3689	Spur	Spur	Spur
Thon	2,3804 (Unlös. Rest)	4,70	3,88	5,06
<i>H<sub>2</sub>O</i>	{ 0,7704 1,8044 }	2,07	4,50	2,04
	100,6020	99,53	98,84	99,80

Zum Vergleiche sind beigelegt O. D. Allen's Analysen <sup>1)</sup> der im Lahontan Basin, N. W. Nevada, vorkommenden drei Thinolithvarietäten: II. Lithoid tufa, III. Thinolitic tufa, IV. Dendritic tufa.

Es war zu erwarten, dass die Analyse unserer Krystallgruppen mehr verunreinigende Beimengungen nachweisen werde, als die einzelner Krystalle anderer Localitäten ergeben haben. Zur Vergleichung mögen darum die Resultate meiner Analyse (V) in entsprechender Berechnung auch zusammengestellt werden mit den Analysen der Pseudomorphosen von:

- I. Obersdorf (Sangerhausen) nach Marchand <sup>2)</sup>.
- II. Kating bei Tönningen in Schleswig nach Köhnke <sup>3)</sup>.
- III. Zwischen Amt Gehren und Königsee (Thüringen) nach Zimmermann <sup>4)</sup> (E. E. Schmid).
- IV. Thinolitic tufa (Lahontan Basin) nach O. D. Allen <sup>5)</sup>.
- V. Onderdendam (Provinz Groningen) nach F. J. P. van Calker.

1) Bulletin of the U. S. Geolog. Survey No. 42, 1884 (A crystallographic Study of the Thinolite of Lake Lahontan by E. S. Dana). Ref. in dieser Zeitschr. **11**, 285.

2) Journ. f. pr. Chem. **46**, 95; Pogg. Ann. 1844, **53**, 142.

3) Pogg. Ann. 1844, **53**, 144.

4) Med.-nat. Ges. z. Jena 1880, 9. Juli.

5) U. S. Geol. Surv. of 40th Parallel, 1877, **2**, 749.

	I.	II.	III.	IV.	V.
$\text{CaCO}_3$	94,37	94,40	96,5	90,08	89,9462
$\text{CaSO}_4$	2,02	—	—	—	0,6274
$\text{MgCO}_3$	—	4,65	0,6	2,88	4,0500
$\text{FeCO}_3$	—	—	—	—	0,2528
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	—	0,04	0,9	—	0,4646
$\text{K}_2\text{CO}_3$	—	—	—	—	0,4593
$\text{NaCl}$	—	0,06	—	—	—
$\text{Al}_2\text{O}_3$	} 4,45	3,69	—	0,74	4,8657
$\text{Fe}_2\text{O}_3$					4,0740
$\text{SiO}_2$	—	4,05	—	—	0,4426
Unlös. Rest	4,40	—	Spur	3,88	2,3804
$\text{H}_2\text{O}$	4,34	4,46	0,9	4,50	2,5715
	99,98	98,82	98,9	99,05	400,5342

Ein zweites holländisches Pseudogaylussit-Vorkommen verdanke ich Herrn Wichmann (Utrecht). Es sind lose Krystalle, welche von Herrn Lieutenant van Schevichaven im Jahre 1889 bei Grabungen und Baggern bei einem Fort östlich von Kwadyk, nordwestlich von Edam (Nord-Holland) in einer Tiefe von 3—4 m —AP, zerstreut im Thone liegend gefunden und Herrn Loiré (Utrecht) zugesandt worden waren, der dieselben dann dem mineralogischen Institute zu Utrecht überwiesen hatte. Diese Pseudogaylussite gleichen, was Form, Grösse, Farbe, Oberflächenbeschaffenheit und innere Structur betrifft, den vom Dollart und aus Schleswig bekannten Einzelkrystallen so vollkommen, dass ich eine nähere Beschreibung derselben an dieser Stelle für überflüssig halte.

Ein drittes hiesiges Vorkommen glaube ich in dem Kern von Mergelconcretionen entdeckt zu haben, welche aus Friesland stammen, wo sie an verschiedenen Orten in alluvialem Thon vorkommen. Dieselben haben kugelförmige, ellipsoidische, den Imatrasteinen ähnliche, nierenförmige, oder auch unregelmässige, langgestreckte, astförmige Gestalten und besitzen eine so beträchtliche Festigkeit, dass sich daraus durch Sägen und Schleifen sehr gut Durchschnitte und Dünnschliffe anfertigen lassen. In einer solchen nahezu kugelförmigen Mergelknolle von Bartelehiem bei Stiens, n.w. von Leeuwarden, welche ich von Herrn J. H. Bonnema (Leeuwarden) erhielt, erschien ein gelblicher körniger ca.  $4\frac{1}{2}$  cm grosser Calcitkern, dessen Gestalt durch zwei zu einander senkrechte Durchschnitte als die spitzpyramidale Form des Pseudogaylussit erkannt wurde, und zwar mit Kappenbildung und schaliger Zusammensetzung. Ganz ähnliche kleinere Gebilde mit entsprechendem Kern sind mir aus der Umgegend von Emden und aus Schleswig bekannt.

## 2. Deutung des Pseudogaylussit.

### Literatur über Vorkommen des Pseudogaylussit.

1. Obersdorf bei Sangerhausen in Thüringen:  
 Freiesleben, Isis 1827, **20**, 325.  
 Breithaupt, Mag. f. d. Oryktogr. von Sachsen Nr. 7, 1836.  
 Blum, Pseudomorphosen des Mineralreiches 1843, S. 43.  
 Des Cloizeaux, Ann. d. chim. et d. phys. 3. Ser., **7**, 494.  
 F. E. Geinitz, Inaug.-Diss. Stuttgart 1876, S. 35; N. Jahrb. f. Min., Geol. 1876, S. 483.
2. Thüringen, zwischen Amt Gehren und Königsee:  
 E. E. Schmid, Med.-nat. Ges. z. Jena 1880, 9. Juli.
3. Tufna bei Hermanecz b. Neusohl in Ungarn:  
 Haidinger, Pogg. Ann. 1844, **53**, 142.
4. Schleswig (Kating bei Tönningen u. a. O.):  
 G. Rose, Pogg. Ann. 1844, **53**, 144.
5. Dollart in Ostfriesland, Emden:  
 G. vom Rath, Pogg. Ann. 1868, **135**, 585.
6. Ostküste von Australien:  
 Volger, Erde und Ewigkeit, 1857, S. 497; N. Jahrb. f. Min. 1864, S. 339.  
 Blum, Pseudomorphosen, III. Nachtr. 1863, S. 43; IV. Nachtr. S. 8.
7. (Thinolit) Lahontan Basin (Nevada):  
 Clarence King, U. S. Geol. Surv. of 40<sup>th</sup> parallel 1879, **1**, 508.  
 Edw. S. Dana, A crystallogr. Study of the Thinolite of Lake Lahontan, Bull. of the U. S. Geol. Surv. No. 12, 1884.
8. (?) Glendon (New South Wales):  
 J. D. Dana, Geology, U. S. Explor. Expedition 1849, S. 484, 656.
9. (?) Astoria (Oregon):  
 J. D. Dana, ibid.
10. (?) Archangel (sogenannte Heugabeln vom weissen Meer):  
 P. W. Jereméjew, Verh. russ. min. Ges. St. Petersburg 1882, II, **17**, 349.
11. Holland (Onderdendam, Kwadyk, Bartelehiem):  
 Vergl. oben.

### Literatur zur Deutung des Pseudogaylussit.

1. Als Pseudomorphosen nach Gaylussit:  
 Breithaupt, l. c. S. 287.  
 Boussingault, Ann. d. chim. et d. phys. 1826, **31**, 270.  
 - - - - - 3. Ser. 1843, **7**, 488.  
 L. Cordier, ib. 1826, **31**, 276.  
 Des Cloizeaux, ib. 3. Ser. **7**, 489; Manuel de Minér. 1874—93, **2**, 471—473.  
 W. Phillips, Pogg. Ann. **7**, 97, **17**, 556; Phil. Mag. N. S. 1827, **1**, 263.  
 B. Silliman, Amer. Journ. of Sc. 1866 [2], **42**, 220.  
 John M. Blake, ibid. p. 221.  
 Clarence King l. c.; Blum l. c.; Haidinger l. c.; F. E. Geinitz l. c.  
 G. Rose l. c.; E. E. Schmid l. c.  
 C. Rammelsberg, Monatsber. Kgl. Akad. Berlin 1880, S. 783.  
 A. Arzruni, diese Zeitschr. 1881, **6**, 24.

Hanks, Mining and scientif. press, March 1892, p. 26.

Pirsson, diese Zeitschr. 1894, **23**, 504.

Pratt, diese Zeitschr. 1896, **27**, 424.

2. Als Pseudomorphosen nach Cölestin:

Des Cloizeaux, Ann. d. chim. et d. phys. 3. Ser., 1843, **7**, 488.

— Manuel d. Min. (l. c.).

G. H. Williams, diese Zeitschr. 1894, **18**, 4.

3. Als Pseudomorphosen nach Gyps:

Kenngott, vom Rath, Pogg. Ann. Erg.-Bd. **5**, 442.

4. Als Pseudomorphosen nach Anhydrit:

P. Groth, Mineraliensammlung d. K. W.-Univ. Strassb. 1878, 424 Anm.

5. Als Pseudomorphosen nach einem hypothetischen tetragonalen Calciumdoppelsalz:

Ed. S. Dana, Bull. U. S. Geol. Surv. 1884, 440—445.

Es war bekanntlich Breithaupt (l. c.), der die von Freiesleben (l. c.) beschriebenen pseudomorphen Krystalle von Obersdorf bei Sangerhausen in Thüringen zuerst für Umwandlungspseudomorphosen nach dem von Boussingault (l. c.) und Cordier (l. c.) näher bestimmten, Gaylussit benannten, Mineral von Lagunilla erklärte. Diese Deutung wurde dann auch von Haidinger (l. c.) auf die den Sangerhausener Pseudomorphosen ähnlichen Krystalle aus einer Kalksteinhöhle in der Tufna bei Hermanecz, unweit Neusohl in Ungarn, und von G. Rose (l. c.) auf gleichartige Krystalle von Kating in der Nähe von Tönningen in Schleswig übertragen. Diese Auffassung blieb die herrschende auch nachdem Des Cloizeaux (l. c. S. 494) nach einer genaueren krystallographischen Bestimmung des Gaylussit erklärt hatte, dass die von Freiesleben als Calcit bezeichneten Pseudomorphosen der genannten Localitäten nicht als Pseudomorphosen nach Gaylussit, sondern als solche nach Cölestin zu deuten seien. G. vom Rath brachte diese, wie er meinte, in Vergessenheit gerathene Bestimmung Des Cloizeaux's in Erinnerung, gelegentlich einer Mittheilung über das Auffinden der in Rede stehenden Krystalle im Kleiboden der Marschen am Krummen Horn am Dollart; er berichtigte jedoch bald darauf, in Folge einer ihm von Kenngott gemachten brieflichen Mittheilung, wieder seine Angaben mit Bezug auf Des Cloizeaux's Bestimmung dahin: dass letztere in deutschen, mineralogischen Werken doch nicht unberücksichtigt geblieben, sondern in Haidinger's Uebersicht der Resultate mineralogischer Forschungen S. 114 aufgeführt sei, fügt aber hinzu, dass nach Kenngott's Ansicht die Krystalle von Sangerhausen Pseudomorphosen nach Gyps seien. Noch eine andere Deutung hat dann Groth (l. c.) von diesen Gebilden gegeben. Er hält dieselben für Pseudomorphosen nach Anhydrit und führt zur Begründung seiner Ansicht an, dass die Formen ebensogut dem mit Cölestin isomorphen Anhydrit als ersterem entsprechen könnten, dass die chemische Umwandlung leicht erklärlich sei, dass die Analyse 20% schwefelsauren Kalk nachgewiesen habe und dass Geinitz bei der mikroskopischen Unter-



suchung im Inneren der Pseudomorphosen ausser Calcit büschelförmig vereinigte Krystallnadeln gefunden habe.

Die alte Breithaupt'sche Deutung behielt jedoch die meisten Anhänger. So wurden von E. E. Schmid (l. c.) einem neuen Fundorte in dem Zechsteinzuge zwischen Amt Gehren und Königsee am Fusse des Thüringer Waldgebirges entstammende, den Sangerhausener Pseudomorphosen analoge, Krystalle wieder als Pseudomorphosen nach Gaylussit betrachtet. Auf Grund einer Analyse, welche 0,9 % Natriumcarbonat ergab, äussert er die Ansicht: »Das neue pseudomorphe Vorkommen des Gaylussit steht demnach dem ursprünglichen näher, als das von Sangerhausen, welches nach Kersten's und Marchand's Analyse keine Spur von Natron mehr enthält, dafür Fremdartiges, wie Gyps und thoniges Silicat aufgenommen hat. Der Natriumgehalt ist allerdings gering; heisses Wasser nimmt ihn aus dem Pulver leicht auf und erhält dadurch nach gehöriger Concentration alkalische Reaction.«

Wir finden die Breithaupt'sche Erklärung auch wieder bei Clarence King (l. c.), welcher den Namen Thinolith für Gaylussit-ähnliche Formen von Calciumcarbonat einführte, die in ausgedehnten tuffartigen Ablagerungen in Nevada vorkommen und für Gestadebildungen des alten, der quaternären Zeit angehörigen Sees »Lahontan« gehalten wurden, wovon als Ueberbleibsel der Salzsee bei Ragtown, Churchill Co., in Nevada galt. An den Ufern des letzteren, sowie auf einer darin liegenden Insel, findet sich auch der Gaylussit selbst in frischem Zustande (B. Silliman l. c.), dessen Krystallform von J. M. Blake (l. c.) beschrieben worden ist. Und es scheint, dass von den amerikanischen Geologen, denen die Erforschung des 40. Breitengrades oblag, fast überall, wo der frische Gaylussit vorkam, auch die Pseudomorphosen angetroffen wurden, welche von J. D. Dana und E. S. Dana dazumal auf die Formen des Gaylussit zurückgeführt worden sind.

Hatte somit die Breithaupt'sche Auffassung in den zuletzt angeführten Untersuchungen amerikanischer Geologen, wie es schien, eine neue kräftige Stütze gefunden, so sollte dieselbe doch bald darauf auch auf amerikanischem Boden wieder bekämpft und mit den anderen vorerwähnten Erklärungsversuchen verworfen werden.

In einer 1884 erschienenen ausführlicheren Arbeit »A crystallographic study of the Thinolite of Lake Lahontan« hat nämlich E. S. Dana (l. c.) den Beweis zu liefern gesucht, dass der Thinolith: »was not gaylussite, nor gypsum, nor anhydrite, nor celestite, nor glauberite, nor, in fact, any one of the minerals which might suggest itself as a solution of the problem« (p. 442). Er kam dagegen durch Entdeckung eines skelettartigen Baues beim Thinolith und durch nähere Untersuchung von Dünnschliffen zu der Ansicht, dass die ideale Form des ursprünglichen dem Thinolith zu Grunde liegenden Minerals eine tetragonale Pyramide ( $a : c = 1 : 2,24$ ) sei. Und

was die chemische Natur des ursprünglichen Minerals betrifft, so hielt er es für am Wahrscheinlichsten, dass dasselbe die Zusammensetzung eines der Gaylussitsubstanz ähnlichen Doppelsalzes gehabt habe mit Calciumcarbonat als integrierendem Bestandtheil. Als hypothetische Doppelsalze, welche hier in Betracht kämen, werden, da Carbonate und Chloride von Calcium und Natrium, als Absätze aus dem Seewasser, die meiste Wahrscheinlichkeit für sich haben würden, von Dana angeführt:  $\text{CaCO}_3 + \text{CaCl}_2$  nach Analogie der in oberschlesischen Gruben gefundenen Pseudomorphosen von  $\text{PbCO}_3$  nach Phosgenit, ferner  $\text{CaCO}_3 + \text{NaCl}$ , oder besser  $\text{CaCO}_3 + 2\text{NaCl}$ . Somit hat also Dana zur Erklärung der Bildung des Thinoliths und der nach seiner Ansicht damit in Bildungsweise übereinstimmenden Pseudogaylussite der bekannten europäischen Fundorte eine neue Hypothese an Stelle der alten gesetzt. — Neueres ist mir aus der Literatur über die Frage der Bildung von Thinolith und Pseudogaylussit nicht bekannt, auch scheint es mir nicht, dass Dana's neue Hypothese viele Vertreter gefunden hat, wenigstens fand ich dieselbe in keinem der neueren und neuesten Lehr- und Handbücher, welche ich einsehen konnte, erwähnt. Vielleicht möchte dies seinen Grund darin finden, dass man sich nicht so leicht entschliessen konnte, das unseren Pseudomorphosen zu Grunde gelegte bekannte Mineral der älteren Erklärungsversuche gegen das hypothetische Dana's zu vertauschen.

Vorstehende historische Skizze dient zur Erinnerung, dass die als Pseudogaylussit resp. Thinolith bezeichneten Pseudomorphosen, welche, ausser in ihrer Form und ihrer bis auf einzelne Procente aus Calcit bestehenden Zusammensetzung, auch in der Weise ihres Vorkommens in thonigen Sedimenten, oder derartigen Ausfüllungen fossiler Reste, viel Uebereinstimmung zeigen, im Laufe der Zeit die verschiedenen Deutungen erfahren haben, welche sie von Gaylussit, Cölestin, Gyps, Anhydrit oder einem hypothetischen tetragonalen Calciumdoppelsalz ableiten wollen.

Keiner dieser Erklärungsversuche hat zu einem befriedigenden Resultate geführt, denn für keinen derselben ist nach meiner Ansicht weder ein endgiltiger Beweis seiner Richtigkeit, noch ein solcher der Unmöglichkeit der übrigen erbracht worden, auch nicht durch Des Cloizeaux's und Dana's Auseinandersetzungen. Kann man aber gegenwärtig nicht sagen, dass die eine oder die andere versuchte Lösung des Räthsels die richtige sei, so bleibt, bis diese gefunden, einstweilen nichts anderes übrig, als gegeneinander abzuwägen und so viel wie möglich Beweismaterial zu besserer Beurtheilung und endlicher Entscheidung der schwebenden Frage zu sammeln. Und wenn dann jeder, auch der kleinste, Beitrag in dieser Richtung erwünscht ist, so dürften auch die folgenden Zeilen ihre Berechtigung haben.

Um eine Erklärung der vorliegenden Pseudomorphosen zu finden, wird man die folgenden drei Momente zu berücksichtigen haben: ihre chemische

Zusammensetzung, ihre krystallographisch-morphologischen Verhältnisse und die Weise ihres geologischen Vorkommens.

Was nun zunächst ihre chemische Zusammensetzung betrifft, so scheint die Pseudomorphosirung eine so gut wie vollständige zu sein, so dass von der ursprünglichen Mineralverbindung wohl kaum noch sicher nachweisbare Spuren vorhanden sind; wenigstens findet man darin ausser  $\text{CaCO}_3$  keinen charakteristischen Bestandtheil, sondern nur Beimengungen, welche, wie z. B. der mikroskopisch und chemisch nachgewiesene Gyps oder der kleine Natriumgehalt, auch aus dem umringenden Thon oder aus der Lösung stammen können, welche einst die Pseudomorphosirung veranlasste. So habe ich z. B. mit Rücksicht auf die Des Cloizeaux'sche Deutung in verschiedenen unserer Pseudomorphosen-Vorkommnisse und dem Thinolith spectralanalytisch Strontium zu entdecken versucht, aber stets mit negativem Resultate. Andererseits wurden mit Bezug auf die Frage, ob der in Analysen nachgewiesene, allerdings meist sehr geringe Natriumgehalt vielleicht aus noch vorhandenem Gaylussit stammt, Proben unserer Pseudomorphosen wiederholt mit kaltem und kochendem Wasser ausgezogen. Dabei machte ich die Beobachtung, dass der wässrige Auszug, auch wenn das Material nicht äusserst fein zerrieben war, ein Opalisiren oder schwache milchige Trübung zeigte, so dass selbst durch wiederholtes Filtriren kaum ein vollständig klares Filtrat erhalten werden konnte. Auf Beifügen eines Tröpfchens  $\text{HCl}$  oder  $\text{HNO}_3$  verschwand die anfänglich für suspendirten Thon gehaltene Trübung augenblicklich und wurde überdies sowohl spectralanalytisch als mikrochemisch als von  $\text{CaCO}_3$  herrührend erkannt. Man könnte hiernach geneigt sein, die Trübung für ein Präcipitat von Calciumcarbonat zu halten, das aus in den Pseudomorphosen noch vorhandenen Resten einer Doppelverbindung, wie Gaylussit, in Folge von Zersetzung bei Behandlung mit Wasser sich abscheidet. Wegen der zu geringen Mengen war es mir jedoch nicht möglich, das Verhältniss von in der Trübung abgeschiedenem  $\text{Ca}$  und in wässriger Lösung enthaltenem  $\text{Na}$  quantitativ festzustellen. Uebrigens sei hier doch an die oben mitgetheilte Beobachtung E. E. Schmid's erinnert, dass heisses Wasser aus den zwischen Amt Gehren und Königsee gefundenen Pseudomorphosen leicht  $\text{Na}$  aufnimmt und dadurch alkalische Reaction erhält.

Wenn aber die chemische Analyse auch wenig zur Entscheidung für oder gegen die eine oder andere Hypothese beitragen kann, so ist doch mit Recht mehrfach darauf hingewiesen worden, dass die poröse Beschaffenheit der Pseudomorphosen für eine Bildung derselben durch Verlust von Bestandtheilen spricht, wie auch in den Deutungen von Breithaupt, Kennigott und Dana angenommen ist.

Nun ist allerdings die chemische Beschaffenheit des ursprünglichen Minerals gerade das, was bei der Pseudomorphosirung (häufig vollständig)



verloren geht, seine Form aber das Bleibende. Man sollte darum von den morphologischen Verhältnissen den besten Aufschluss erwarten dürfen. Dabei darf man aber nicht vergessen, dass die Krystallform bei den Pseudomorphosen etwas rein Aeusserliches ist ohne Zusammenhang mit deren inwendigem Bau und dass daher deren sichere Bestimmung aus physikalischem und namentlich optischem Verhalten ganz wegfällt. Wenn indessen ihre Form der eines bestimmten bekannten Minerals vollständig entspricht, indem die Uebereinstimmung entweder bei scharfer Entwicklung der Kanten und ebener Flächenbeschaffenheit sich durch Winkelmessungen constatiren lässt, oder durch andere krystallographische Verhältnisse, wie namentlich Flächenstreifung oder eine charakteristische Zwillingsbildung, sicher erkannt werden kann, so ist dennoch, wie bei vielen unserer bekannten Pseudomorphosen, eine Deutung möglich, deren Richtigkeit keinem Zweifel unterworfen ist.

In unserem Falle liegt die Sache aber anders. Die Gestalt der Pseudogaylussite der verschiedenen genannten europäischen Fundorte mit theilweisem Inbegriff des amerikanischen Thinoliths, welche als eine durch vier mehr oder weniger stark gewölbte Flächen gebildete spitze Bipyramide mit verwischten Mittelkanten erscheint, gleicht allerdings auch entsprechenden Formen nicht nur eines, sondern mehrerer bekannter Mineralien, namentlich des Gaylussits und des Cölestins. Aber hier ist es einmal die Unmöglichkeit genauer Winkelmessungen und überdies die mögliche Mehrdeutigkeit, wodurch die Bestimmung unserer Pseudomorphosen so unsicher wird.

Zuerst waren es die unter dem Namen »clavos« bekannten Gaylussitkrystalle von Lagunilla, welche von Breithaupt zum Vergleiche herangezogen wurden.

Es sind bekanntlich in der Richtung der Klinodiagonale ( $a$ ) stark verlängerte Krystalle der Combination:  $\{112\}.\{011\}(\frac{1}{2}P.\infty)$  mit (bezogen auf  $a:b:c = 1,4897:1:1,4442$ ;  $\beta = 78^{\circ}26\frac{3}{4}'$  [Phillips]):

$$(\bar{1}12):(\bar{1}\bar{1}2) = 69^{\circ}28'$$

$$(011):(0\bar{1}1) = 109\ 30$$

wobei diese Flächen vielfach so stark ausgedehnt sind, dass die sonst neben denselben auftretenden Flächen  $\{001\}0P$  und  $\{110\}\infty P$  ganz verschwinden.

Nun gelten für diese Combination die folgenden Winkel, zur directen Vergleichung mit den mittelst des Contactgoniometers erhaltenen Werthen, als Supplemente der Flächenwinkel angegeben:

$$(\bar{1}12):(\bar{1}\bar{1}2) = 110^{\circ}28'$$

$$(011):(0\bar{1}1) = 70\ 30$$

$$(011):(01\bar{1}) = 109\ 30$$

$$(\bar{1}12):(011) = 152\ 16$$

$$(\bar{1}12):(01\bar{1}) = 92\ 35\ 47''$$



Da nun die Flächen  $\{112\}$  und  $\{011\}$ ,  $\{1\bar{1}2\}$  und  $\{0\bar{1}1\}$ , ebenso  $\{11\bar{2}\}$  und  $\{01\bar{1}\}$ , je eine gewölbte Fläche bilden, so können die zwei Paare entsprechend gekrümmter Kanten Schwankungen ihrer Winkel zwischen ca.  $70^{\circ}30'$  und  $110^{\circ}28'$  und zwischen ca.  $92^{\circ}35'47''$  und  $109^{\circ}30'$  von dem einen bis zum anderen Ende zeigen, oder, wenn bei der Bildung der gewölbten Fläche die Tendenz zur Entstehung der einen oder der anderen der beiden Flächenarten vorgeherrscht hat, Winkelwerthe, die sich dem einen oder anderen jener Grenzwinkel mehr nähern. Da überdies die beiderlei gewölbten Flächenpaare mehr oder weniger gleich stark entwickelt sein können, und demgemäss der Habitus der Krystalle tetragonal, rhombisch oder monoklin erscheinen müsste, so lässt die zum Vergleiche gewählte Gaylussitcombination mit gewölbten Flächen, ich möchte sagen, an Elasticität, wodurch sie mit jedem Pseudogaylussitkrystall sich in leidliche Uebereinstimmung bringen lässt, nichts zu wünschen. Mit Rücksicht auf die Form allein besteht daher meines Erachtens kein Grund, die Beziehung des Pseudogaylussits auf den Gaylussit von Lagunilla zu verwerfen, wie es Des Cloizeaux (l. c. p. 488) that mit den Worten: »il suffit de jeter un coup d'oeil sur les figures de ce minéral, pour voir que sa forme est tout à fait incompatible avec un octaèdre rhomboidal droit (d. i. die Form der Pseudomorphosen).

Was nun aber die Ausbildung der Gaylussitkrystalle aus Nevada betrifft, welcher auch die künstlichen Gaylussitkrystalle (vergl. diese Zeitschr. 6, 24) mehr gleichen, als denen von Lagunilla, so sind bei denselben die ebenfalls meistens etwas gerundeten Flächen  $\{110\} \infty P$  und  $\{011\} R \infty$  im Gleichgewicht entwickelt, während andere Flächen, worunter auch  $\{112\} \frac{1}{2}P$ , untergeordnet vorkommen. Eine Gaylussitstufe unserer Sammlung, welche die Etikette trägt: Soda Lake, Ragtown, Nevada, zeigt eine grössere Anzahl kleiner, gut ausgebildeter Krystalle, von welchen der grösste ungefähr 4 cm lang ist. Dieselben haben pyramidalen Habitus, etwas schief gezogene Briefcouvertform (vergl. diese Zeitschr. 27, 425, Fig. 9), wobei  $\{110\}$  und  $\{011\}$  im Gleichgewicht entwickelt sind. Eine Schimmermessung ergab:  $(011):(0\bar{1}1) = 109^{\circ}50'$  (berechnet  $109^{\circ}30'$ ).

Die Krystalle sind trübe, ebenso wie die von Arzruni untersuchten aus Nevada stammenden Gaylussite (l. c. S. 27), was bei letzteren durch dessen Angabe von einer wiederholten Schalenbildung herrührte, und deren Schichten entweder parallel den Kanten  $(110): (1\bar{1}0)$  und  $(011): (0\bar{1}1)$  oder parallel den Flächen  $\{100\}$  und  $\{001\}$  verliefen und in den Diagonalen des dadurch begrenzten Parallelogramms zusammenstiessen. Ein senkrecht zur Symmetrieebene und durch die Diagonale ihrer vierseitigen Umgrenzung gerichteter Durchschnitt eines unserer Gaylussitkrystalle liess deutlich zonaren Bau erkennen, woraus zugleich folgt, dass die Schichten der Schalenbildung nicht parallel den Flächen  $\{100\}$  und  $\{001\}$ , sondern parallel

den Flächen {440} und {011} verlaufen. Nun besitzen ganz gewiss diese Gaylussitkrystalle aus Nevada in ihrer äusseren Form mit den langgestreckten, beinahe prismatischen oder spitzpyramidalen amerikanischen Thinolithen und mit den bekannten Pseudogaylussiten europäischer Fundorte wenig Aehnlichkeit. Dagegen würden sich dieselben mit den kurz- und breitpyramidalen Einzelindividuen der aus mittelgrossen und kleineren Krystallen aufgebauten kugelförmigen Gruppen von Onderdendam wohl vergleichen lassen. Auch würde eine auf Durchschnitten dieser letzteren von mir erkannte concentrisch-schalige Structur der erwähnten Schalenbildung dieser Gaylussite entsprechen. Da Krystallmessung und optische Untersuchung hier im Stiche lassen, kann allerdings ein stricter Beweis nicht geliefert werden. Aber während hiernach der Beziehung unserer Pseudomorphosen auf Gaylussit, wenigstens was die äussere Form und Schalenbildung betrifft, nichts im Wege stehen würde, hat Dana dieselbe wegen des von ihm in Durchschnitten des amerikanischen Thinoliths nachgewiesenen inneren Skelettbaues für unmöglich erklärt. Ich habe deshalb gesucht, mir ein Urtheil darüber zu bilden, ob denn die allerdings auch nach Dana's Erklärung noch immer herrschend gebliebene Deutung als Pseudomorphosen nach Gaylussit aus dem angegebenen Grunde doch aufgegeben werden müsse und habe mich zu dem Ende bemüht, mir Handstücke der amerikanischen Thinolithvorkommnisse zu verschaffen. Ein schönes Stück Thinolith, welches ich aus Amerika erhielt, trägt die Etikette: »Thinolite (Lithoid tufa, Lake Lahontan, Northwest Nevada)« und gleicht sehr der Abbildung Pl. I von Dana's Abhandlung (l. c.). Dasselbe lässt schon, wo die aufgewachsenen, langgestreckten mehr oder weniger prismatischen oder stengelartigen Krystalle abgebrochen sind, und namentlich schön in Dünnschliffen von Querschnitten, den von Dana beschriebenen skelettartigen Bau erkennen. Die Symmetrie des letzteren entspricht zwar in einzelnen Querschnitten nahezu der eines tetragonalen basischen, aber öfter der eines rhombischen Hauptschnittes. Ausser diesen langgestreckten Krystallen kommen an demselben Stücke kleinere, spitzpyramidale vor, deren Form der unserer bekannten Pseudogaylussite entspricht, so dass die von Dana angenommene und aus den Abbildungen auf Pl. III seiner Abhandlung (l. c.) hervorgehende Gleichartigkeit dieser Bildungen, soviel ihre Gestalt betrifft, ganz plausibel erscheint. Ueherdies habe ich in entsprechenden Quer- und Längsschnitten, welche ich, so gut ihre sandige Beschaffenheit es gestattete, von Schleswiger und Kwadyker Pseudogaylussiten anfertigte, eine dem Skelettbau des Thinoliths analoge innere Structur erkennen können, ähnlich wie Geinitz (l. c.) von den Sangerhausener Krystallen beschrieben hat. Da aber hier die Schichten den Krystallflächen parallel verlaufen und nur durch ihr Zusammenstossen das centrale Skelett bilden, mit Andeutung der meist rechtwinklig sich schneidenden Diagonalen

des vierseitigen, gewöhnlich prononcirt rhombischen Querschnittes, so möchte ich lieber von Schalenbildung statt von Skelettbau sprechen. Besonders scharf ausgeprägt erschienen solche eine Schalen- oder selbst Kappenbildung nach der Pyramide anzeigende Zeichnungen auf dem Quer- und Längsschnitt durch den Kern einer der oben (S. 559) erwähnten aus Friesland stammenden Mergelconcretionen.

Demgemäss entspricht der den europäischen Pseudogaylussiten eigene Schalenbau im Bilde der Längs- und Querschnitte im Allgemeinen dem allerdings schärfer prononcirten Skelettbau der amerikanischen Thinolithe, namentlich auch darin, dass in den Querschnitten deren durch den Schalenbau markirte Diagonalen einander rechtwinklig schneiden, wie es ja, in Uebereinstimmung mit der monoklinen Symmetrie, in allen zur Symmetrieebene senkrechten Durchschnitten der Fall sein würde. Die in dem Skelettbau von Dana heraufbeschworene Schwierigkeit betrifft somit nur diejenigen amerikanischen Thinolithe und Sangerhausener Pseudomorphosen, bei welchen auch die Seiten der Skelettquerschnitte rechte resp. nahezu rechte Winkel mit einander bilden.

Wollte man nun zur Erklärung dieser Fälle Dana's ursprüngliches hypothetisches tetragonales Mineral herbeiziehen, so wäre dadurch den übrigen Pseudogaylussiten, bei welchen, wie oben angegeben, rhombischer oder monokliner Symmetrie entsprechende Schiefwinkligkeit der Querschnitte constatirt wurde, doch nicht genügt. Darum kommt es mir empfehlenswerther vor, statt jener doch nicht alle Fälle erklärenden Annahme einstweilen entweder beim Gaylussit zu bleiben, um dann das Vorkommen tetragonaler Symmetrie, sei es durch die Art der Flächenentwicklung oder durch die Annahme einer anderen Flächencombination, sei es durch die eines Dimorphismus beim Gaylussit zu erklären, oder aber, mit Rücksicht auf den von den übrigen Pseudogaylussiten doch etwas verschiedenen Habitus der amerikanischen Thinolithe und Sangerhausener Pseudomorphosen, verschiedene pseudomorphosirte Mineralien in denselben anzunehmen.

Von anderen Mineralien käme dann neben Gaylussit an erster Stelle der schon von Des Cloizeaux vorgeschlagene Cölestin in Betracht. Die Aehnlichkeit, welche die Form gewisser pyramidalen Cölestinkrystalle verschiedener Localitäten mit denen unserer Pseudomorphosen hat, ist in der That eine ganz erstaunliche. Zunächst nenne ich die von Des Cloizeaux (l. c.) zum Vergleich herangezogenen Cölestinkrystalle:

1. von Meudon (Haüy's  $\{\check{P}3.\check{P}\infty.\infty\check{P}2; \{133\}.\{011\}.\{120\}$  (Miller)  
Dioxynte) <sup>1)</sup>  $\{3P.\infty P.2\check{P}\infty; \{334\}.\{110\}.\{021\}$  (Auerbach),
2. aus dem Mergel von Montmartre und von Bougival bei Paris (Apo-

1) Haüy, Traité de min. 2. édit. 1822, 2, 35; Atlas T. 44, Fig. 85.



tome)<sup>1)</sup>  $\check{P}3.\check{P}\infty$ ;  $\{433\}.\{044\}$  (Miller) =  $3P.\infty P$ ;  $\{334\}.\{440\}$  (Auerbach).

Ferner gehören hierher die Cölestine:

3. aus Mergellagern des Flötzmuschelkalkes von Dornburg bei Jena<sup>2)</sup>  $\check{P}3.\infty\check{P}2$ ;  $\{433\}.\{420\}$  (Miller) =  $3P.2\check{P}\infty$ ;  $\{334\}.\{024\}$  (Auerbach) und  $\check{P}3.\check{P}\infty$ ;  $\{433\}.\{044\}$  (Miller) =  $3P.\infty P$ ;  $\{334\}.\{440\}$  (Auerb.),
4. von Girgenti<sup>3)</sup>  $\check{P}\infty.\check{P}3.\infty\check{P}2$  (Miller) =  $\infty P.3P.2\check{P}\infty$  (Auerb.),
5. von Hall in Tirol<sup>4)</sup>  $\check{P}3.P\infty.0P.\frac{1}{2}\check{P}\infty$  (Miller) =  $3P.\infty P.\infty\check{P}\infty.2\check{P}\infty$  (Auerbach).

Während bei den vorgenannten Combinationen der pyramidale Habitus bestimmt wird durch die Pyramide  $\{433\}\check{P}3$  (Miller) =  $\{334\}3P$  (Auerbach), ist es bei den folgenden Cölestinvorkommen die Pyramide  $\{444\}\check{P}4$  (Miller) =  $\{444\}4P$  (Auerbach), welche diese Rolle spielt:

6. aus dem Kimmeridge-Mergel von Ville-sur-Saulx, Dep. Meuse<sup>5)</sup>  $\check{P}4.\check{P}\infty.\infty P.\frac{1}{2}\check{P}\infty$  (Miller) =  $4P.\infty P.\check{P}\infty.2\check{P}\infty$  (Auerbach);
7. aus weissem Jura von Brousseval<sup>6)</sup> (Dep. Haute-Marne (Arr. Vassy))  $\check{P}4.\check{P}\infty$  u. a. (Miller) =  $4P.\infty P$  u. a. (Auerbach);
8. aus mit Lehm erfüllten Hohlräumen von thonigem Unter-Helderberg-Kalkstein von Mineral County, West-Virginia<sup>7)</sup>: vorherrschend oder ausschliesslich  $\{444\}\check{P}4$  (Miller) =  $\{444\}4P$  (Auerbach).

Von diesen verschiedenen Cölestinvorkommnissen haben ausser denen von Meudon und Bougival die beiden letztgenannten von Brousseval (Vassy) und West-Virginia die grösste Formenähnlichkeit mit unseren Pseudomorphosen. Eine Cölestinstufe von Brousseval (Vassy) der hiesigen Sammlung zeigt eine grössere Anzahl meist kleiner Krystalle, von welchen einzelne namentlich den Sangerhausener Pseudomorphosen ausserordentlich gleichen. Von dem Vorkommen in West-Virginia liegen mehrere grössere und kleinere Krystalle vor, erstere theilweise verzerrt, unter den letzteren solche (vergl. diese Zeitschr. 1894, 18, 3, Fig. 6, 9, 10, 11), die, einzeln oder zu Gruppen vereinigt, in ihrer Form dem Pseudogaylussit in auffallender Weise entsprechen.

Zur Beurtheilung, inwiefern auch mit Rücksicht auf die Grösse der Flächenwinkel vorstehender Cölestinformen eine Beziehung der Pseudogaylussitformen auf dieselben zulässig sein würde, führe ich an, dass die

1) Ib. p. 33, T. 43, Fig. 84.

2) Pogg. Ann. 4833, 29, 504, T. I, Fig. 46; ib. 4863, 120, 637.

3) Neues Jahrb. f. Min. 1879, S. 509. S. a. diese Zeitschr. 5, 389.

4) Mineraliensammlung d. Univ. Strassb. 1878, S. 146.

5) v. Lasaulx, diese Zeitschr. 6, 203. — F. Stöber, l. c. 1893, 21, 344.

6) F. Stöber, l. c. 1893, 21, 339.

7) G. H. Williams, l. c. 1894, 18, 4.



für die vorherrschenden Formen  $\{433\}\bar{P}3$  (Miller) =  $\{331\}3P$  (Auerbach) und  $\{444\}\bar{P}4$  (Miller) =  $\{441\}4P$  (Auerbach) die in Betracht kommenden Flächenwinkel sich berechnen, wie folgt (Auerbach:  $a:b:c = 4,28344:4:0,78082$ ):

$$(433):(\bar{4}33) \text{ (Miller)} = (331):(\bar{3}31) \text{ (Auerb.)} = 83^{\circ} 45'$$

$$(433):(\bar{4}33) \text{ ( - )} = (331):(\bar{3}31) \text{ ( - )} = 108 \ 44 \ 8''$$

$$(444):(\bar{4}\bar{4}4) \text{ ( - )} = (444):(\bar{4}\bar{4}4) \text{ ( - )} = 80 \ 45 \ 4$$

$$(80 \ 9 \ 44, \text{ W.-Virginia})$$

$$(444):(\bar{4}\bar{4}4) \text{ ( - )} = (444):(\bar{4}\bar{4}4) \text{ ( - )} = 106 \ 50 \ 34$$

$$(106 \ 56 \ 0, \text{ W.-Virginia})$$

$$(106 \ 48 \ 52, \text{ Stöber l. c.})$$

Die Flächenwinkel  $(433):(\bar{4}33) \text{ (M.)} = (331):(\bar{3}31) \text{ (A.)} = 442^{\circ} 46' 54''$  und  $(444):(\bar{4}\bar{4}4) \text{ (M.)} = (444):(\bar{4}\bar{4}4) \text{ (A.)} = 454^{\circ} 35' 28''$  kommen hier nicht in Betracht, da diese Kanten durch die Flächenrundung bei den fraglichen Krystallen verschwinden. Diese Flächenwölbung wird aber hier keine so grossen Winkelschwankungen zur Folge haben, wie bei obigen Gaylussitkrystallen, da ja die Flächenwinkel der in demselben Hauptschnitte gelegenen Kanten hier gleich sind.

Wie schon oben bemerkt, ist beim Pseudogaylussit mit Winkelmessungen wenig anzufangen, da dieselben nicht nur an entsprechenden Kanten verschiedener Krystalle ein und derselben Localität, sondern auch an den verschiedenen Stellen ein und derselben Kante<sup>1)</sup> und selbst wegen der Flächenrundung bei Wiederholung an ein und derselben Stelle einer Kante sehr verschiedene Werthe ergeben können.

Wenn ich solche wenig befriedigende Messungen doch angestellt habe, so geschah es mit dem Wunsche, wenigstens einigermaassen beurtheilen zu können, zwischen welchen Grenzen die Flächenwinkel der Pseudogaylussite liegen können, und um in der unten folgenden Zusammenstellung eine annähernde Vergleichung mit den entsprechenden Winkeln von Gaylussit und Cölestin möglich zu machen. Zu dem Zwecke wurden an jeder Kante von Pseudogaylussiten verschiedener Fundorte von dem einen Ende bis zu dem anderen mehrere Messungen mittelst des Contactgoniometers<sup>2)</sup>

1) Nur an einzelnen Kanten von ein Paar Sangerhausener Krystallen konnte mit einiger Sicherheit entweder ein Maximalwerth in deren mittleren Theile, oder von dem einen zum anderen Ende ein Zu- resp. Abnehmen in der Grösse der Flächenwinkel constatirt werden, wie es der Gaylussitcombination  $\{041\}\{\bar{4}12\}$  entsprechen würde.

2) Ich benutzte dabei das von Fuess (N. Jahrb. f. Min. 1897, 1) auf Anregung Kalkowsky's construirte Lupenstativ: Die rechte Hand hält in horizontaler Lage die Scheere des Contactgoniometers über der Spiegelglasplatte des Objecttisches, auf dessen Rand sie zugleich eine gewünschte Unterstützung findet, während die Linke den Krystall mit lothrechter Richtung der zu messenden Kante dagegenhält. Indem man durch die Lupe auf den über dem durch den Spiegel hell beleuchteten Spiegelglas des Object-

Gaylussit		Cölestin		Pseudogaylussit					
{011} · {112}		{133}	{144}	Sangerhausen	Emden	Kating	Tettens	Kwadyk	Onderden- dam
Grenzwerthe									
X	70°30' $\{041\} : \{011\}$	83°45' $\{133\} : \{133\}$	80°45' 4" $\{144\} : \{144\}$	1) a) 720—930 b) 86—97½	a) 800—82½ b) 80—92	a) 760—86½ b) 84½—93½	84½—90½	750—900	80½—92½
Z	40°30' $\{041\} : \{011\}$	40°44' 8" $\{133\} : \{133\}$	40°50' 34" $\{144\} : \{144\}$	a) 1040—108½ b) 98—144	a) 900—1080 b) 403½—443	a) 1060—112½ b) 406—409½	4020—4430	4050—409½	4050—4420
Mittelwerthe									
X	2) 70°30' <—> 41°28'	83°45'	80°45' 4"	88°47'	83° 6'	84°30'	88°	80°	88°
Z	40°30' <—> 92°35' 47"	40°44' 8"	40°50' 34"	403°6'	403°45'	408°47'	404°45'	406°45'	408°30'

1) Mit a) und b) sind verschiedene Krystalle desselben Fundortes angedeutet.

2) Die Flächenwinkel des Gaylussits werden sich, je nachdem zur Bildung seiner gerundeten Flächen {011} und {112} gleichviel oder die einer der beiden Flächenarten resp. eine vicinale, mehr oder weniger vorherrschend beigetragen hat, sich in den X-Kanten mehr 70°30' oder 41°28', und in den Z-Kanten mehr 40°30' oder 92°35' 47" nähern.

ausgeführt und öfters wiederholt und daraus Grenz- und Mittelwerthe abgeleitet. Wiewohl ich nämlich die Ableitung von Mittelwerthen für die Flächenwinkel bei den Pseudogaylussiten im höchsten Grade bedenklich finde, habe ich solche dennoch ausgeführt, und zwar allein aus dem Grunde, weil man sonst leicht den nur einmal vorkommenden Grenzwerten zu viel, dagegen den dazwischen liegenden, vielfach verhältnissmässig wenig von einander abweichenden Mittelwerthen zu wenig Bedeutung beimessen könnte.

Werden die bei Vergleichung der Pseudogaylussitformen mit obigen Gaylussit- und Cölestin-Combinationen in Betracht kommenden schärferen und stumpferen Flächenwinkel ersterer bezüglich mit X und Z bezeichnet, so ergibt sich die folgende vergleichende Zusammenstellung.

(Siehe Tabelle auf S. 574.)

So schwankende Winkelwerthe können natürlich weder für die eine noch die andere Auffassung den Beweis der Richtigkeit liefern, aber ebensowenig geben sie Berechtigung zur Verwerfung derselben.

Was andere Mineralien, wie Anhydrit und Gyps betrifft, auf welche man den Pseudogaylussit bezogen hat, so halte ich, so lange wirklich entsprechende Krystallformen derselben nicht bekannt, wenn auch möglich sind, eine vergleichende Zusammenstellung von eventuell in Betracht kommenden Winkelwerthen nicht für zulässig und für nutzlos.

Die Frage, ob den verschiedenen Pseudogaylussitvorkommnissen ein und dasselbe Mineral, oder welches an jeder Localität, zu Grunde gelegen hat, wird nach meiner Meinung nur durch paragenetische und geologische Verhältnisse aufgeklärt werden können, es sei denn, dass die endliche, allein sichere Entscheidung einmal durch neue Funde von Pseudogaylussiten erbracht würde, welche noch frische, nicht pseudomorphosirte Reste des ursprünglichen Mineralen enthielten.

tisches befindlichen Krystall hinabblickt, ist verticaler Stand der Kante und Contact gut zu beurtheilen.

# XXX. Ueber Aetzfiguren am Gyps.

Von

C. Viola in Rom.

(Hierzu Tafel X.)

Als ich versuchte, auf dem Gyps Aetzfiguren hervorzubringen nach den von Baumhauer<sup>1)</sup> und Klien<sup>2)</sup> mit Erfolg angewandten Methoden, habe ich mich überzeugt, dass diese Methoden nicht so bequem sind, als sie zuerst den Anschein hatten.

Wenn man ein Gypsblatt erwärmt, erhält man sowohl auf der Fläche (010) als auch auf einer beliebigen Ebene der vollkommenen Spaltbarkeit (010) rhomboidale Figuren, die die Form eines Briefcouverts haben, wie sich E. Weiss<sup>3)</sup> ausdrückt, durch dunkle Diagonalen, die sich nicht genau im rechten Winkel schneiden, in Dreiecke getheilt. In den hellen Dreiecken sind nur die Streifungen parallel zur Kante [001] vorhanden, und in den dunklen Dreiecken treten noch Streifungen hinzu, die parallel zur Kante [101] laufen.

Diese von E. Weiss Aetzfiguren genannten Erscheinungen, welche man eigentlich besser Verwitterungsfiguren<sup>4)</sup> nennen sollte, lassen einige Zweifel aufkommen, ob sie zur Bestimmung der Structur des Gypses verwendbar seien, da es sicher ist, dass sie ausser von der Symmetrie auch von dem Pape'schen Ellipsoid abhängen<sup>5)</sup>.

Bekanntlich<sup>6)</sup> ist die von Pape angegebene und mit der Neumann-

1) H. Baumhauer, Ueber die Aetzfiguren des Apatits und des Gypses. Sitz.-Ber. der bayer. Akad. d. Wissensch., math.-phys. Cl., 1875, 5, 169.

2) P. Klien, Beiträge zur Kenntniss des Gypses. Pogg. Ann. 1876, 157, 611.

3) E. Weiss, Aetzfiguren bei Gyps. Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. 1877, 29, 211. Ref. diese Zeitschr. 3, 97.

4) E. Blasius, Zersetzungsfiguren an Krystallen. Diese Zeitschr. 1885, 10, 221.

5) C. Pape, Die thermischen und chemischen Axen im 2 + 1-gliedrigen Gyps und im 1 + 1-gliedrigen Kupfervitriol. Pogg. Ann. 1868, 135 (211), 4.

6) E. Blasius, l. c.



schen <sup>1)</sup> Ausdehnungsellipse identische Verwitterungsellipse wohl versucht, aber nicht mehr erhalten worden; und ich konnte sie ebenfalls nicht erhalten.

Ich wollte darum auf dem reinen und einfachen Felde der Aetzung bleiben; nur habe ich, anstatt die Methoden von Baumhauer und Klien anzuwenden, lieber als Aetzmittel die im Chlorbaryum enthaltene Salzsäure benutzt.

Ich nahm eine gesättigte Lösung von Chlorbaryum bei gewöhnlicher Temperatur und verdünnte sie mit zwei- bis dreimal so viel destillirtem Wasser. Durch dieses Verfahren erhielt ich prächtige Ergebnisse.

Der Gyps, dessen ich mich bedient habe, und den ich von Dr. Di Stefano erhielt, stammt aus den Schwefelbergwerken von Sicilien.

Die Krystalle sind meistens nach der Kante [001] entwickelt. Die daran vorkommenden Hauptformen sind

$$\{010\}, \{110\}, \{111\}, \{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$$

mit häufiger Zwillingserscheinung nach dem Gesetze »Zwillings Ebene (100)«. Die Flächen des Prisma {110} sind fein gestreift, während die beiden Flächen von {010} glatt und perlmutterglänzend erscheinen; die Spaltbarkeit (010) ist vollkommen, (100) ist muscheliger Bruch, und {101}, {\bar{1}\bar{1}\bar{1}} bilden den faserigen Bruch.

Ich habe mich ausschliesslich auf die Aetzungen der Fläche (010) beschränkt, da die anderen Flächen immer mangelhaft waren und deutliche Aetzfiguren nicht aufweisen konnten.

Um die Fläche (010) vollkommen zu haben, ersetzte ich sie durch Spaltungsebenen. Ich beschreibe also nur solche Aetzfiguren des Gypses, welche ich auf dem blätterigen Bruche (010) erhielt.

Wenn man ein Gypsblättchen für wenige Minuten im Chlorbaryumbade lässt, erscheinen auf demselben feine Streifungen parallel zu [001], welche durch das entstandene Baryumsulfat verdeckt sind. Um die Streifungen im durchgehenden schiefen Lichte zu beobachten, wird das als feines Pulver auftretende Baryumsulfat herausgewischt. Am besten geschieht dies durch Waschung in fliessendem Wasser, indem man mit einem weichen Pinsel nachhilft.

Solche Streifungen werden natürlich durch Flächen parallel zur Kante [001] erzeugt. Vertiefungen und daraus entstandene Erhebungen sind ungefähr gleich breit; die Tiefe derselben beträgt kaum 0,004 mm, weshalb die Polarisationsfarbe zwischen Vertiefungs- und Erhebungsstellen sich kaum ändert.

Lässt man das Gypsblättchen längere Zeit im Chlorbaryumbade, so

<sup>1)</sup> F. E. Neumann, Die thermischen, optischen und krystallographischen Axen des Krystallsystems des Gypses. Pogg. Ann. 4833, 27, 240.

bilden sich neue Vertiefungen, die parallel zur Kante  $[101]$  laufen. Durch diese zwei Reihen von Vertiefungen bleiben auf dem Gypsblättchen erhabene Figuren (Aetzhügel), welche die Form von rhomboidalen abgestumpften langgestreckten Pyramiden haben.

Durch längere Einwirkung von Chlorbaryumlösung werden die langgestreckten Pyramiden eingetheilt und es entstehen cassetirte Figuren, welche schematisch in der Fig. 4, Taf. X dargestellt sind. Sie sind offenbar aus zweierlei Flächen zusammengesetzt, nämlich aus solchen, die zur Zone  $[101]$ , und solchen, die zur Zone  $[001]$  gehören, mit Inbegriff der Fläche  $(010)$ , welche letztere sich stellenweise wiederholt. Mit den Aetzhügeln bilden sich auch Vertiefungen von der nämlichen Form. Solche rhomboidal geformte Aetzhügel und Aetzfiguren werden von zur Zone  $[101]$  gehörenden Flächen abgestumpft, und zwar nur an der einen Ecke. Die Fig. 2, Taf. X giebt die Orientirung des Gypsblättchens mit den dazu gehörigen Aetzfiguren.

Diese einseitige Abstumpfung erweckt offenbar die Vermuthung, dass die Structur des Gypses nicht zur prismatischen Symmetrie (Groth) gehöre. In dieser Vermuthung wird man noch bestärkt durch folgende Beobachtungen. Die die Aetzhügel und Aetzvertiefungen bildenden Treppen sind nach der einen Seite stets breiter als nach der anderen; also sind zwei zu einer Geraden gehörende Richtungen ungleichwerthig. Wir können noch folgende Betrachtung hinzufügen. Haben die Aetzhügel und Aetzfiguren dieselbe Form, sind sie also nach der Zone  $[001]$  verlängert, so zeigen die letzteren, dass die stärkste Aetzung in die Richtung  $[001]$  fällt, während die ersteren beweisen, dass sie in die Richtung  $[101]$  fallen muss. Dies lässt sich dadurch vereinigen, dass man kein Symmetriecentrum annimmt und die Structur des Gypses in die domatische Klasse (Groth) einreicht.

Nun gehe ich dazu über, andere Aetzfiguren des Gypses, welche ich auf den Spaltungsebenen  $(010)$  mittelst Chlorbaryumlösung erhalten habe, zu beschreiben.

Ausser den Streifungen und den cassetirten Figuren erhält man Vertiefungen, welche auf den ersten Blick beliebige und unregelmässige Formen zu haben scheinen; wenn man sie jedoch aufmerksam vergleicht, kann man doch etwelche Uebereinstimmung darin entdecken. Bei flüchtiger Betrachtung scheinen sie elliptische Umrisse zu haben, was darauf schliessen liesse, es handle sich um die Verwitterungsellipsen von Pape; aber ihre Form ist kein Ellipsoid, da sie einen geraden tieferen Kiel in der Mitte haben, welcher mit der Kante  $[001]$  einen Winkel von  $49^\circ$ , Fig. 2, einschliesst. Die Aetzfiguren scheinen also Meisseleinschnitte. Wenn das Gypsblättchen in der Chlorbaryumlösung nur wenige Minuten gelassen wird, so haben diese Meisseleinschnitte die Form von langgestreckten, schmalen und spitzigen Spindeln, Fig. 3. Ihre Richtung stimmt mit der einen der Diagonalen

von E. Weiss und F. Hammerschmidt<sup>1)</sup> überein und macht mit der Richtung c etwa  $30^\circ$ , Fig. 2.

Wenn man das Gypsblättchen längere Zeit im Chlorbaryum lässt, so wachsen diese Figuren mehr in die Breite als in die Länge und an ihren Enden werden die Spitzen unregelmässig abgestumpft, Fig. 4. Durch das Fortschreiten der Aetzung nehmen die Abstumpfungen bestimmte Richtungen an, und zwar werden sie entweder nur zu [404] parallel, Fig. 5, oder gleichzeitig auch parallel zu [004], Fig. 6. Die Längscontouren bleiben rund oder elliptisch gebogen, scharf oder gezackt, und in Bezug auf den Kiel symmetrisch geformt. Die seitlichen Wände dieser Aetzfiguren sind ihrerseits mit kleinen rechtwinkligen Einschnitten überdeckt, deren kleine Seiten parallel und ungefähr senkrecht zu [004] sind; wir können sie bestimmt mit den Seiten der briefcouvertförmigen Figuren von E. Weiss vergleichen.

Wenn zwei Aetzfiguren sich nicht weit von einander entfernt befinden, verbinden sie sich, d. h. die Aetzung entsteht in dem dazwischen liegenden Gebiete, aber derart, dass die Umrisse immer zu [004] und [404] parallel sind, Fig. 7. Die Figg. 8, 9, 10 stellen andere Möglichkeiten dar, wie die Aetzung zwischen zwei benachbarten Meisseleinschnitten vor sich gehen kann. Fig. 11 zeigt uns ferner, wie eine solche Vereinigung unter drei benachbarten Aetzeinschnitten zu Stande kommt. So kann sich Jedermann leicht vorstellen, welches Bild eine an mehr Punkten bewirkte Aetzung hervorrufen würde.

Bei alledem ist von Belang, dass der Kiel dieser Aetzfiguren immer mit der Kante [004] einen Winkel von  $49^\circ$  macht, und dass, wenn in dieser Richtung die Aetzung begonnen ist, sie sehr rasch und in normaler Richtung fortschreitet. Die Richtung dieser Figuren ist ungefähr parallel zu einer der von E. Weiss und Hammerschmidt erhaltenen Diagonalen, und sie stimmen, wie E. Weiss hervorhob, mit den von P. Klien beschriebenen und gezeichneten Einschlüssen des Gypses überein.

Dass man in diesen eigenthümlichen Aetzfiguren gleichzeitig Zufälliges und Gesetzmässiges sehen muss, ist einleuchtend.

Gesetzmässig ist die Richtung dieser Aetzfiguren, welche auch mit der einen der Richtungen übereinstimmt, welche man erhält, wenn man nach Weiss ein Gypsblättchen erhitzt, oder nach welcher auch die Klien'schen Einschlüsse fallen. Auch die in diese Aetzfiguren eintretenden Einschnitte sind an Regelmässigkeit gebunden.

Die Form der Aetzfiguren hingegen muss als zufällig angenommen werden, da sie sich mit der Vergrösserung derselben verändert und all-

1) F. Hammerschmidt, Beiträge zur Kenntniss des Gyps- und Anhydritgesteines. Tschermak's min. u. petr. Mitth. 1882, 5, 245.

mählich in die cassettirten Figuren übergeht. Die Form der Aetzfiguren hat daher entschieden nichts mit dieser Structur des Gypses zu thun.

Die Vertheilung dieser spindelförmigen Figuren auf einem Gypsblättchen scheint auf gewisse Regionen desselben beschränkt zu sein, sodass alle aus demselben Krystalle erhaltenen zu (010) parallelen Spaltungsflächen die Aetzfiguren in der nämlichen Region zeigen. Daraus muss man schliessen, dass ihre Gegenwart von irgend einer Zufälligkeit in der Gyps-masse abhängt; aber wenn man der Aetzung den günstigen Angriffspunkt gegeben hat, so bilden und entwickeln sich die Vertiefungen immer auf gleiche Weise.

---



# XXXI. Ueber Röblingit, ein neues, schweflige Säure und Blei enthaltendes Silicat von „Franklin Furnace, N. J.“

Von

S. L. Penfield und H. W. Foote in New Haven, Conn.

Herr Frank L. Nason, der sich speciell in geologischer und mineralogischer Hinsicht mit den Zinklagerstätten von Franklin, New Jersey, beschäftigt hat, brachte in neuester Zeit ein Mineral vom Parkerschacht der »New Jersey Zinc Company« zu unserer Kenntniss, welches wegen seiner ungewöhnlichen chemischen Zusammensetzung von besonderem Interesse ist. Das Mineral kommt in dichten, weissen, compacten Massen vor, welche aus einem Aggregate von sehr kleinen prismatischen Krystallen bestehen. Unter dem Mikroskop zeigen dieselben parallele Auslöschung und schwache Doppelbrechung, aber sie sind so klein, dass das Krystallsystem nicht bestimmt werden konnte. Das specifische Gew. ist 3,433; die Härte etwas unter 3. Eine chemische Analyse dieses Materials durch Foote gab folgende Resultate:

	I.	II.	Mittel:	Verhältniss:		
$SiO_2$	23,54	23,66	23,58	0,393	5,61	5
$SO_2$	9,04	8,99	9,00	0,144	2,01	2
$PbO$	34,07	30,99	34,03	0,439	4,99	2
$MnO$	2,46	2,54	2,48	0,035	0,520	7,43
$CaO$	25,94	25,98	25,95	0,463		
$SrO$	4,33	4,46	4,40	0,044		
$K_2O$	0,46	0,09	0,43	0,004		
$Na_2O$	0,43	0,36	0,40	0,007		
$H_2O$	6,36	6,35	6,35	0,353	5,04	5
100,32						

Das Verhältniss von  $SO_2 : PbO : H_2O$  ist sehr nahe 2 : 2 : 5, aber dasjenige der  $SiO_2$  und der noch verbleibenden Basen zu diesen Bestandtheilen ist nicht so einfach. Die grösste Annäherung an ein einfaches Verhältniss giebt vielleicht  $SiO_2 : SO_2 : PbO : RO : H_2O = 5 : 2 : 2 : 7 : 5$  und dies die etwas complicirte Formel  $H_{10}Ca_7Pb_2Si_5S_2O_{28}$ . Das Wasser geht erst bei höherer Temperatur weg und ist daher als Hydroxyl zu betrachten. Die oben angegebene Formel kann als eine Verbindung von fünf Molekülen eines Silicats  $H_2CaSiO_4$  und zwei eines basischen Sulfits  $CaPbSO_4$  (oder  $CaO.PbSO_3$ ) angesehen werden. Die theoretische Zusammensetzung für diese Formel ist unten gegeben,

zusammen mit den Resultaten der Analysen, wenn für  $MnO$ ,  $SrO$  und die Alkalien die äquivalenten Mengen  $CaO$  eingesetzt werden und das Ganze auf 100 % berechnet wird.

	Gefunden:	Berechnet:
$SiO_2$	23,8	22,4
$SO_2$	9,4	9,4
$PbO$	34,3	32,9
$CaO$	29,4	29,0
$H_2O$	6,4	6,6
	<hr/> 100,0	<hr/> 100,0

Die genaue Formel des Minerals muss einigermassen fraglich bleiben, weil die angenommene sehr complicirt ist und die Annäherung zwischen den Analysenresultaten und der Theorie nicht so gross ist, als es zu wünschen wäre. Es ist jedoch nicht wahrscheinlich, dass das Mineral ein Gemenge ist oder mindestens viel fremdes Material enthält. Wäre es ein Gemenge, so müsste man erwarten, dass irgend ein schweres Bleimineral von einem beträchtlich über 3,43 liegenden spec. Gewicht neben einem leichteren Calciumsilicat vorhanden wäre. Um dies zu entscheiden, wurde ein Theil des Materials gepulvert, zu einem gleichförmigen Korn gesiebt und in Methylenjodid vom spec. Gewicht 3,29 gebracht, worin alles Pulver untersank. Damit ist der sichere Beweis erbracht, dass Wollastonit (spec. Gew. 2,9) oder ein verwandtes Calciumsilicat nicht vorhanden ist.

Das Mineral ist deshalb von besonderem Interesse, weil es das erste Mal ist, dass das natürliche Vorkommen eines Sulfit beobachtet wurde, und weil Blei enthaltende Silicate sehr selten sind und bisher nur an ein paar Localitäten in Schweden gefunden wurden.

Das Mineral schmilzt vor dem Löthrohre ungefähr bei 3 zu einer grauen Kugel und giebt die blassblaue Bleiflamme, welche nach einigem Erhitzen verschwindet. Auf Holzkohle mit Soda in der Reductionsflamme entstehen Bleikügelchen und ein Beschlag von Bleioxyd, und dieser Rückstand liefert auf Silber die Schwefelreaction. Die Schmelze giebt die Manganreaction. Im geschmolzenen Rohre verliert es Wasser. Das gepulverte Mineral löst sich leicht in Säuren, selbst sehr verdünnten, und beim Verdampfen hinterbleibt gelatinöse Kieselsäure. Der Geruch nach Schwefeldioxyd ist beim Auflösen des Minerals in wenig Salzsäure wahrnehmbar, doch ist diese Probe nicht sehr deutlich.

Was das Vorkommen des Minerals betrifft, so wurden folgende Angaben von Herrn Nason erhalten: Das Mineral kommt in einer Tiefe von eintausend Fuss vor, in oder nahe dem Contact von Granit und weissem Kalkstein, wo grosse Adern und Linsen von Granatfels sich finden. Die Begleitminerale sind Granat, Titanit, Zirkon, Phlogopit, Axinit derb und in Krystalldrusen, Willemite in kleinen, grünen, durchsichtigen Krystallen,

Datolith, Baryt, Caswellit, Calcit, Arsenopyrit, Sphalerit, Rhodonit und Rhodochrosit. Axinit, welcher in Adern und Hohlräumen des Granatfels vorkommt, ist stellenweise porös und voll von Hohlräumen, und diese sind manchmal vollkommen mit den Massen des Röblingit ausgefüllt. Die grösste Masse, welche gefunden wurde, wog ungefähr fünf Pfund und hatte ungefähr die Grösse und Form einer Cocosnuss.

Die Erzmassen und die Gesteine in der Mine sind stark zerbrochen und zeigen häufig Rutschflächen, und zweifellos waren die Ursachen, welche die Dislocationen hervorriefen, dieselben, welche auch die nothwendigen Bedingungen zur Bildung einer so grossen Mannigfaltigkeit von Mineralien, wie sie an dieser Localität beobachtet wurde, lieferten.

Die Methode, welche zur Analyse des Minerals angewendet wurde, ist folgende:

Das Mineral wurde in Salpetersäure gelöst und die Kieselsäure auf dem gewöhnlichen Wege entfernt, nur dass Salpetersäure statt Salzsäure verwendet wurde, um kein Blei im Rückstande zu haben. Erhitzte man jedoch vorher die Substanz im Luftbade auf  $140^{\circ}$ , so zersetzte sich etwas Mangannitrat und das Mangan oxydirte sich höher, so dass es in Salpetersäure unlöslich wurde. Dasselbe wurde mit der Kieselsäure abfiltrirt und nach dem Auswaschen durch Behandlung mit Salzsäure gelöst. Die salpeter- und salzsauren Filtrate wurden gesondert zur Trockne eingedampft und so noch eine Spur Kieselsäure entfernt. Das Blei wurde aus schwach saurer Lösung mit Schwefelwasserstoff gefällt und als Sulfat gewogen; Mangan und Calcium wurden auf die gewöhnliche Weise bestimmt. Der kleine Antheil Strontium wurde mit dem Calcium als Oxyd gewogen und durch Behandlung mit Amylalkohol getrennt. Zur Bestimmung der schwefligen Säure wurden besondere Portionen verwendet. Das Mineral wurde mit starkem Bromwasser und Salzsäure behandelt, und nachdem es gelöst und einige Zeit gestanden hatte, wurde die gebildete Schwefelsäure als  $BaSO_4$  gefällt. Der Niederschlag war unrein, enthielt Kieselsäure und wahrscheinlich etwas Bleisulfat, und wurde zur Reinigung in der gewöhnlichen Weise mit Soda geschmolzen und mit Chlorbaryum gefällt. Das Wasser wurde direct mittels der Methode im geschlossenen Rohre <sup>1)</sup> und die Alkalien durch Schmelzen nach Smith bestimmt.

Auf die Bitte des Herrn Nason geben die Verfasser gern dem Mineral den Namen Röblingit zu Ehren des bekannten Ingenieurs Herrn W. A. Röbling aus Trenton, N. J. Auch sprechen sie mit Vergnügen Herrn F. L. Nason und Herrn John A. Manley aus Neu-Braunschweig, N. J., ihren Dank für die Mühe aus, welche diese sich gaben, Material für diese Untersuchung herbeizuschaffen.

---

1) Amer. Journ. Sc. 1894 (3), 48, 34.

## XXXII. Ueber Wellsit, ein neues Mineral.

Von

J. H. Pratt und H. W. Foote in New Haven, Conn.

(Mit 3 Textfiguren.)

---

Das in diesem Aufsatz beschriebene Mineral findet sich in der Buck Creek (Cullakanee) corundum Mine in Clay Co., North Carolina, und wurde von Professor S. L. Penfield und einem von uns (Pratt) im Sommer 1892 gelegentlich geologischer Aufnahmen in Nord-Carolina gesammelt.

Der Korund führende Gang, in welchem sich das Mineral findet, besteht hauptsächlich aus Albit, Feldspath und Hornblende und durchsetzt einen Olivinfels (Dunit), nahe dessen Contact mit Gneiss. Der Peridotitausbruch ist einer der grössten in dem Staate und ist vollkommen zur Ausbeutung auf Korund in Aussicht genommen. Nur in einem einzigen der in Angriff genommenen Gänge wurde das neue Mineral gefunden, obwohl sorgfältige Nachforschung nach ihm in allen eröffneten, besonders den Feldspath liefernden, gemacht wurden. Seit 1894 hat der Bergbau an dieser Stelle aufgehört, aber wenn er wieder aufgenommen und die Gänge aufgedeckt werden, dann wird sich auch zweifellos mehr von dem Material finden.

Das Mineral wurde in isolirten Krystallen meist als Begleiter des Feldspath, aber auch von Hornblende und Korund, gefunden und ist eng vergesellschaftet mit Chabasit, welcher sich in kleinen durchsichtigen Rhomboedern findet.

Der grösste Krystall, welcher beobachtet wurde, maass nicht über 1 mm im Durchmesser und 2 mm in der Länge.

Krystallform. Die Krystalle gehören dem monoklinen Systeme an und sind ähnlich dem Harmotom und Phillipsit verzwillingt. Den gewöhnlichen Habitus giebt Fig. 4, welche eine Zwillingscombination nach  $c\{001\}$  und  $e\{011\}$  zeigt. Die Krystalle sind im Wesentlichen quadratische Prismen, begrenzt von Pyramidenflächen, vom Ansehen der Combination eines Prismas mit der Pyramide zweiter Ordnung des tetragonalen Systems. Die



scheinbaren Prismenflächen werden meist durch das Pinakoid  $b$  gebildet, aber die Krystalle durchdringen einander etwas unregelmässig, so dass Theile der Basis  $c\{001\}$  mit  $b$  (Fig. 4) zusammenfallen. Die Zwillingsgrenzen auf den Pinakoidflächen zwischen  $b$  des einen und  $b$  des anderen Krystalles sind gewöhnlich regelmässig, während diejenigen zwischen  $b$  und  $c$  und auch die, welche die Prismenflächen  $m\{110\}$  (die scheinbare Pyramide) kreuzen, gewöhnlich ganz unregelmässig verlaufen. Die  $b$ -Flächen zeigen

Fig. 4.

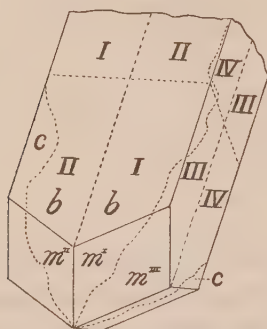
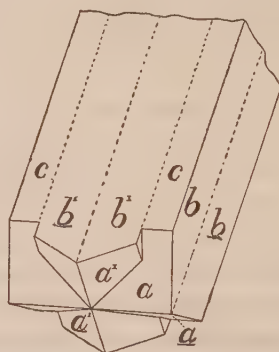


Fig. 2.



keine der Kante  $b : m$  parallele Streifung, welche durch ihr Auftreten längs der Zwillingsgrenzen oft die complicirte Natur eines solchen Krystalles deutlich zeigt; auch wurden keine einspringenden Winkel parallel den Kanten des scheinbaren Prismas beobachtet, wie sie am Phillipsit und Harmotom gewöhnlich sind.

Fig. 2 stellt eine andere Ausbildung der Krystalle dar, wo  $m\{110\}$  fehlt und  $a\{100\}$  mit  $b\{010\}$  combinirt ist. Die Art der Zwillingsbildung ist der bereits beschriebenen ähnlich, aber die Krystalle zeigen in Folge der Begrenzung durch  $a\{100\}$  statt  $m\{110\}$  an ihren Enden stark einspringende Winkel. Diese Krystalle haben grosse Aehnlichkeit mit denen des Harmotom von Bowling nahe Dunbarton am Clyde, welche Lacroix beschrieben hat (s. diese Zeitschr. 12, 646).

Die einzigen beobachteten Formen sind  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $c\{001\}$  und  $m\{110\}$  mit  $e\{011\}$ , die nur als Zwillingssebene auftritt.

Die Krystallflächen sind etwas gerundet und durch Vicinale vertreten, so dass die Reflexe nicht sehr vollkommen waren. Der Winkel des scheinbaren Prismas  $b : b$  ist ungefähr  $90^\circ$ . Auch der Winkel  $m : m$  über die Zwillingsgrenze nach  $\{011\}$  konnte nur annähernd gemessen werden und variirte von  $0^\circ 49' - 1^\circ 25'$ . Die angenäherten Winkel sind unten angeführt und aus den mit einem Sternchen bezeichneten folgendes Axenverhältniss berechnet:

$$a : b : c = 0,768 : 1 : 1,245; \quad \beta = 53^\circ 27' = (001) : (100).$$

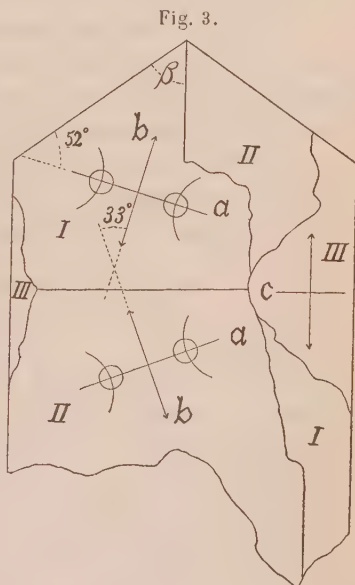
	Gemessen:	Berechnet:
$b : b = (010) : (010) =$	$90^{\circ} 0'$ (über die Zwillingsgrenze)	—
$a : a = (100) : (100) =$	$73^{\circ} 6'$	—
$b : m = (010) : (110) =$	$58^{\circ} 49'$	—
$c : a = (001) : (100) =$	$53^{\circ} 27' = \beta$	—
$c : m = (001) : (110) =$	$60^{\circ}; 59^{\circ} 45'; 59^{\circ} 57'$	$59^{\circ} 33'$

Physikalische Eigenschaften. Die Krystalle sind spröde und zeigen keine deutliche Spaltbarkeit. Sie besitzen Glasglanz. Viele sind farblos und durchsichtig, andere trübe weiss. Die Härte ist zwischen 4 und  $4\frac{1}{2}$ . Das spec. Gewicht, an einer Anzahl ausgesuchter Krystalle mit Hülfe einer schweren Flüssigkeit bestimmt, schwankte zwischen 2,278 und 2,366. Die Schwankung hat jedenfalls ihren Grund in dem wechselnden Verhältniss des Baryums zum Calcium in den einzelnen Krystallen.

Eine Platte parallel dem Pinakoid  $b\{010\}$ , dem scheinbaren Prisma, zeigte im polarisirten Lichte die in Fig. 3 dargestellte Structur. Die Theile, welche mit I bezeichnet sind, löschen gemeinsam aus, ebenso auch die mit II bezeichneten, während der Theil III, welcher parallel der Basis ist, parallele Auslöschung zeigt. Der Schnitt zeigt etwas von zonaler Structur, so dass die Auslöschung nur approximativ gemessen werden konnte. Mit Hülfe des Bertrand'schen Oculars wurde sie zu  $33^{\circ}$  von einem Pinakoid über die Zwillingsgrenze zum anderen gefunden. Die Axe  $a$  bildet mit der  $c$ -Axe einen Winkel von  $52^{\circ}$  im stumpfen Winkel  $\beta$ .

Die Doppelbrechung ist schwach und positiv. Die spitze Bisectrix steht normal auf dem Pinakoid  $(010)$  und der Axenwinkel ist gross.  $2E$  ist wahrscheinlich zwischen  $120^{\circ}$ — $130^{\circ}$ , doch konnte er nicht direct gemessen werden.

Chemische Analyse. Das Mineral wurde für die Analyse mittelst einer schweren Flüssigkeit gereinigt und das, was dazu verwendet wurde, schwankte im spec. Gewicht zwischen 2,278 und 2,360. Das Wasser wurde durch Glühverlust, Kieselsäure und Aluminium auf die gewöhnliche Weise durch Schmelzen mit Soda bestimmt. Das Filtrat vom Aluminiumniederschlag wurde mit Königswasser eingedampft, um den grossen Ueberschuss von Ammonsalzen zu entfernen, und dann wieder ein kleiner Zusatz von Chlorammonium gemacht. Calcium, Baryum und Strontium wurden dann



mit einander gefällt mit einem beträchtlichen Ueberschusse an Ammoniak und Ammoniumcarbonat, und das Magnesium im Filtrat bestimmt. Die Carbonate wurden zusammen in Salzsäure gelöst, zur Trockne verdampft und in ca. 300 ccm Wasser aufgenommen. Die Methode zur Trennung des Baryums war die von Fresenius empfohlene (Zeitschr. f. anal. Chem. **29**, 426). Zur heissen Lösung wurden einige wenige Tropfen Essigsäure und 40 ccm einer 40 %igen Ammoniumchromatlösung, die etwas Dichromat enthielt, zugegeben. Nach dem Erkalten wurde die klare Flüssigkeit decantirt, und der Niederschlag von Baryumchromat mit verdünnter Chromatlösung und Wasser gewaschen. Der Niederschlag wurde in 2 ccm einer reinen verdünnten Salpetersäure gelöst, welche dann mit Ammoniak fast neutralisirt wurde. Dann wurde wieder essigsäures Ammoniak und 40 ccm der vorherigen Chromatlösung zugegeben, stehen lassen, der Niederschlag in einen Gooch'schen Tiegel filtrirt und als  $BaCrO_4$  gewogen.

Das Filtrat vom Baryumniederschlag wurde etwas concentrirt und Calcium mit dem kleinen Antheil von Strontium wie vorher gefällt. Sie wurden geglüht und als Oxyde gewogen. Strontium wurde dann durch Behandeln mit Amylalkohol getrennt und als Sulfat bestimmt.

Die Alkalien wurden in der gewöhnlichen Weise durch Schmelzen nach Smith bestimmt.

Die Resultate der Analysen sind:

	I.	II.	Mittel:	Verhältniss:	
$SiO_2$	43,62	44,41	43,86	0,731	= 3,00
$Al_2O_3$	25,04	24,89	24,96	0,244	= 1,00
$BaO$	5,00	5,15	5,07	0,033	} 0,228 = 0,93
$SrO$	4,12	4,18	4,15	0,041	
$CaO$	5,76	5,84	5,80	0,104	
$MgO$	0,64	0,62	0,62	0,015	
$K_2O$	—	3,40	—	3,40	0,036
$Na_2O$	—	4,80	—	4,80	0,029
$H_2O$	43,32	43,39	43,35	0,742	= 3,04
			100,01		

Das Verhältniss  $SiO_2 : Al_2O_3 : RO : H_2O$  ist sehr nahe 3 : 4 : 4 : 3, was der Formel  $R''Al_2Si_3O_{10} + 3H_2O$  entspricht. Das Verhältniss von  $BaO : CaO : K_2O + Na_2O$  in den obigen Analysen ist nahe an 4 : 3 : 2 und die theoretische Zusammensetzung für dieses Verhältniss berechnet ist unten gegeben zugleich mit der Analyse, nachdem für  $Na_2O$  die äquivalente Menge  $K_2O$  und für  $MgO$  und  $SrO$  die äquivalenten Mengen von  $CaO$  bzw.  $BaO$  eingesetzt und das Ganze dann auf 100 % berechnet wurde.

Theorie für  $R''Al_2Si_3O_{10} \cdot 3H_2O$ ,  
wo  $R \frac{1}{4}Ba, \frac{3}{4}Ca, \frac{3}{4}K$  ist:

$SiO_2$	43,12	42,87
$Al_2O_3$	24,54	24,27
$BaO$	6,65	6,62
$CaO$	6,59	7,27
$K_2O$	5,98	6,10
$H_2O$	13,12	12,87
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Um zu bestimmen, bei welcher Temperatur das Wasser weggeht, wurden Versuche angestellt, und die Resultate sind in der folgenden Tabelle aufgeführt, wobei das Mineral jedesmal bis zur Gewichtsconstanz erhitzt wurde. Der letzte Rest des Wassers konnte aus dem Mineral erst auf dem Gebläse entfernt werden.

	Verlust:	
100° C.	—	
125	1,93	} 4,33
175	1,48	
200	0,92	
260	2,45	} 3,69
295	1,24	
Rothgluth	4,96	} 5,29
Auf dem Gebläse	0,33	
Gesamtverlust	<hr/> 13,31	

Wie aus Obigem zu ersehen ist, wird ungefähr ein Drittel des Wassers oder ein Molekül zwischen 100° und 200°, ein zweites circa zwischen 200° und 300° abgegeben, während das Uebrige erst bei intensiver Hitze weggeht. Das will sagen, dass das Wasser unter drei verschiedenen Bedingungen im Molekül gebunden ist. Wenn nur das unter 200° abgegebene Wasser als Krystallwasser betrachtet wird, so würde die Zusammensetzung  $H_4R''Al_2Si_3O_{12} + H_2O$  sein.

Dass das neue Mineral sehr nahe Beziehungen zur Phillipsitgruppe der Zeolithe besitzt, war von vornherein wegen der Krystallform zu erwarten, und diese Beziehung tritt genügend hervor bei einer Vergleichung der krystallographischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung.

Die betreffenden Mineralien haben sämmtlich fast gleiche Axenverhältnisse, nämlich:

	$a$	:	$b$	:	$c$	
Wellsit	0,768	:	4	:	1,245	$\beta = 53^\circ 27'$
Phillipsit	0,70949	:	4	:	1,2563	$\beta = 55^\circ 37'$
Harmotom	0,70315	:	4	:	1,2310	$\beta = 55^\circ 40'$
Stilbit	0,76227	:	4	:	1,49401	$\beta = 50^\circ 49\frac{3}{4}'$



In Habitus und Zwillingsbildung sind sie ebenfalls sehr ähnlich, indem die Krystalle durchgängig Durchkreuzungszwillinge bilden. Dies ist besonders zwischen dem neuen Mineral und Phillipsit und Harmotom wahrnehmbar, welche gewöhnlich in Doppelzwillingen nach  $c(001)$  und  $e(011)$  als Zwillings Ebenen auftreten.

Der Platz des neuen Minerals in der Phillipsitgruppe lässt sich leicht bei einer Vergleichung der chemischen Zusammensetzung erkennen. Ordnet man sie nach dem Verhältnisse der Kieselsäure und des Wassers zu den Basen, so erhält man folgende interessante Reihe, in der  $R$  die zweiwerthigen Elemente repräsentirt:

Wellsit	$RA_2Si_3O_{10} \cdot 3H_2O$
Phillipsit	$RA_2Si_4O_{12} \cdot 4\frac{1}{2}H_2O$
Harmotom	$RA_2Si_5O_{14} \cdot 5H_2O$
Stilbit	$RA_2Si_6O_{16} \cdot 6H_2O$

Das Verhältniss  $RO : Al_2O_3$  ist constant 4 : 4 in der Reihe, während das Wasser stetig mit der Kieselsäure im Verhältniss 4 : 4 zunimmt mit Ausnahme des Phillipsit. Aber da beträchtliche Verschiedenheiten unter den Analysen des Phillipsit bestehen, ist es nicht unwahrscheinlich, dass das als 4 : 4 $\frac{1}{2}$  angegebene Verhältniss der  $SiO_2 : H_2O$  in einigen Fällen wenigstens 4 : 4 sein soll. Die Mineralien, welche eine steigende Reihe bilden, nehmen an  $SiO_2$  und  $H_2O$  proportional vom Wellsit zum Stilbit zu.

W. Fresenius hat gezeigt (diese Zeitschr. 1878, 3, 142), dass diese Gruppe von Mineralien als eine Reihe angesehen werden kann, in welcher das Verhältniss  $RO : Al_2O_3$  constant 4 : 4 ist, während Kieselsäure und Wasser zwischen bestimmten Grenzen schwanken. Er hat für sie zwei Grenzformeln angenommen:



Die erste soll einen wasserhaltigen Calciumalbit und die andere einen wasserhaltigen Anorthit vorstellen. Aus einer Vergleichung der Wellsit-Stilbitreihe scheint es wahrscheinlicher, dass die Grenzformel, welche dem Anorthit entspricht,  $RA_2Si_2O_8 + 2H_2O$  oder, zur besseren Vergleichung mit der Fresenius'schen Formel, verdoppelt  $R_2Al_4Si_4O_{16} + 4H_2O$  ist.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch das erste oder das Anorthitglied dieser Reihe in der Natur gefunden werde, und dann wäre die vollständige Reihe:

Anorthit (Grenzglied)	$RA_2Si_2O_8 + 2H_2O$ (noch nicht beobachtet)
Wellsit	$RA_2Si_3O_{10} + 3H_2O$
Phillipsit	$RA_2Si_4O_{12} + 4\frac{1}{2}H_2O$ (vielleicht $4H_2O$ )
Harmotom	$RA_2Si_5O_{14} + 5H_2O$
Stilbit	$RA_2Si_6O_{16} + 6H_2O$

Von Interesse ist auch, zu bemerken, dass die Formel des neuen Minerals Wellsit dieselbe ist wie die für Edingtonit angegebene, nur dass letzterer hauptsächlich ein Baryummineral ist und als tetragonal<sup>1)</sup> keine krystallographischen Beziehungen zu Wellsit zeigt.

Verhalten in der Hitze. Vor dem Löthrohre blättert das Mineral leicht auf und schmilzt bei 2,5—3 zu einer weissen Perle, welche die Flamme schwach gelb färbt. Im geschlossenen Rohre wird schon bei mässigem Erhitzen Wasser abgegeben. Der Wellsit löst sich sehr rasch in starker Salzsäure unter Abscheidung von Kieselsäure, die aber nicht gelatinös ist. Das Wasser, welches unter 265° C. abgegeben wurde, nimmt das Mineral an der Luft fast ganz wieder auf. Wenn dasselbe aber bei Rothgluth ausgetrieben worden ist, wird keins mehr aufgenommen.

Name. Mit Vergnügen haben die Verff. das Mineral Wellsit genannt zu Ehren ihres Freundes, Prof. H. L. Wells von der »Sheffield Scientific School«.

Schliesslich möchten die Verff. Hrn. Prof. S. L. Penfield ihren Dank ausdrücken für seinen Rath, seinen Beistand und sein gütiges Interesse, welches er während der Untersuchung ihnen zuwandte.

---

1) Vergl. diese Zeitschr. **27**, 629 und **28**, 512. D. Red.

# XXXIII. Ueber die chemische Zusammensetzung des Hamlinits und sein Vorkommen mit Bertrandit in Oxford County, Maine.

Von

S. L. Penfield in New Haven, Conn.

(Mit 2 Textfiguren.)

---

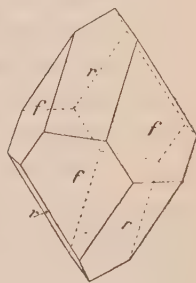
Im Sommer 1890 veröffentlichten Hr. W. E. Hidden und der Verf. die kurze Beschreibung eines rhomboëdrischen Phosphats, das mit den seltenen Mineralien Herderit und Bertrandit in Stoneham, Maine, vorkommt. Es war nur ein einziges Stück, welches ein paar sehr kleine Krystalle zeigte, an diesem Orte gefunden worden, weshalb die Untersuchung unvollständig war und sich nur auf die Bestimmung der Krystallform und der physikalischen Eigenschaften, sowie den Nachweis von Phosphor, Aluminium, Fluor und Wasser erstreckte, während aus seinem Vorkommen auch auf einen Gehalt an Beryllium geschlossen wurde.

Das Mineral wurde zu Ehren von Dr. A. C. Hamlin aus Bangor, Maine, Hamlinit genannt, weil Derselbe stets ein reges Interesse an der Sammlung und dem Studium der Mineralien dieses Staates und speciell der schönen Turmaline vom Mt. Mica und Umgebung gezeigt hat. Wie in dem ersten Artikel gesagt wurde, war die unvollständige Beschreibung in der Absicht veröffentlicht worden, die Aufmerksamkeit auf das Mineral zu lenken, das sich wahrscheinlich als interessant erweisen werde, und auch in der Hoffnung, dass Andere veranlasst werden möchten, mit Erfolg nach dem Mineral zu suchen. Diese Erwartung hat uns nicht betrogen, indem Hr. L. Cahn aus New York das Glück hatte, unter einer Reihe Mineralien vom Oxford County, Maine, einige Stücke eines rhomboëdrischen Minerals zu entdecken, die er, da sie ihm nicht bekannt waren, dem Verf. gab in der Vermuthung, dass sie sich als das seltene Mineral Hamlinit erweisen möchten. Es steht zu hoffen, dass eine ergänzende Aufklärung in Betreff der genauen Oertlichkeit, wo das Mineral gefunden wurde, zu erlangen ist, so dass vielleicht später mehr von demselben zu beschaffen sein wird. Das Mineral wurde

sogleich als Hamlinith identificirt durch seine rhomboëdrische Krystallform, Spaltbarkeit nach der Basis, positive Doppelbrechung und sein Verhalten vor dem Löthrohre.

Die Krystalle sind auf Feldspath und Muscovit aufgewachsen und sind begleitet, wie diejenigen von Stoneham, von Apatit, Herderit und selten Bertrandit. Die Krystalle zeigen zwei vorherrschende Ausbildungsweisen: Die eine ist eine Combination der Rhomboëder  $r\{10\bar{1}1\}$  und  $f\{02\bar{2}1\}$ , wie sie die beigegebene Fig. 4 zeigt. Diese Krystalle besitzen gelegentlich kleine Basisflächen und schwache Horizontalstreifung auf den Rhomboëderflächen nahe ihrer Kante mit der Basis. Die andere Form ist hauptsächlich eine Combination des hexagonalen Prismas erster Art  $\{10\bar{1}0\}$  mit der Basis, aber wegen der vicinal gebogenen und gerundeten Ausbildung nähern sich die Prismenflächen einem steilen Rhomboëder und die Basisfläche ist mit dreiseitigen Erhöhungen bedeckt.

Fig. 4.



Die Krystalle erreichen mitunter einen Durchmesser von 3—4 mm, sind aber zur Messung nicht gut geeignet, wegen des vicinalen Charakters der Flächen. Die folgenden Messungen können nur auf Annäherung Anspruch erheben, weil gewöhnlich jede Fläche mehrere Reflexe am Goniometer gab und so die sichere Einstellung des Fadenkreuzes nicht möglich war. Den berechneten Winkeln liegen die Messungen am Hamlinith von Stoneham zu Grunde,  $c = 1,435$ , aber auch die Krystalle dieser Localität zeigen eine vicinale Ausbildung, und die Werthe können deshalb nicht als besonders genau betrachtet werden.

	Gemessen:	Berechnet:
$r : r = (10\bar{1}1) : (\bar{1}101) =$	$88^{\circ} 44'$	$87^{\circ} 2'$
$f : f = (02\bar{2}1) : (\bar{2}021) =$	$109 \ 44$	$108 \ 2$
$r : f = (10\bar{1}1) : (02\bar{2}1) =$	$54 \ 44$ und $54^{\circ} 47'$	$54 \ 4$

Es ergab sich praktisch als unmöglich, eine genügende Quantität reiner Hamlinithkrystalle für eine Analyse auszulesen, weshalb eine Anzahl Stücke, auf denen Krystalle beobachtet worden waren, gepulvert und der Hamlinith von den anderen Mineralien mittelst einer schweren Flüssigkeit getrennt wurde. Apatit konnte jedoch so nicht entfernt werden; es war aber auf Grund der Thatsache, dass Hamlinith in siedender, verdünnter Salzsäure fast unlöslich ist, möglich, durch mehrmalige Behandlung mit Säure, bis die Lösung kein Calcium mehr erkennen liess, den Apatit vollkommen zu entfernen. Alle möglichen Vorsichtsmaassregeln waren getroffen, die Trennung und Reinigung des Minerals so vollständig wie möglich zu machen, und das Material zeigte unter dem Mikroskop keine sichtbare Verunreinigung. Das spec. Gewicht des Hamlinith schwankt beträchtlich. Der Theil, welcher



zur Analyse benutzt wurde, besass ein solches zwischen 3,459 und 3,283, während ein Theil stets ein wenig höheres, ein anderer ein wenig geringeres spec. Gewicht besass.

Eine qualitative Analyse ergab die Gegenwart von Aluminium, Strontium, Baryum, Phosphor, Fluor und Wasser und die Abwesenheit von Calcium und Beryllium. In der quantitativen Analyse wurden Baryum und Strontium zusammen als Sulfate gewogen und hierauf nach Fresenius (Zeitschr. für anal. Chemie 1890, **29**, 443) durch doppelte Fällung des Baryums als Chromat getrennt. Fluor wurde als Fluorcalcium gewogen, dessen Reinheit durch Verwandlung in das Sulfat geprüft und nachgewiesen wurde. Das Wasser wurde auf zwei Arten bestimmt: zuerst durch Schmelzen mit trockenem Natriumcarbonat und directe Wägung des Wassers (Am. Journ. of Sc. 1894, **48**, 37), dann durch Glühverlust unter Zusatz einer gewogenen Menge Kalk, um das Fluor zu binden (s. Am. Journ. of Sc. 1886, **32**, 409). Das lufttrockene Pulver gab nur 0,46 % beim Erhitzen auf 400° und das Wasser ging erst beinahe bei Rothgluth weg, woraus die Anwesenheit von Hydroxyl sich folgern lässt.

Die Analysenresultate sind:

					Mittel:		Verhältniss:
$P_2O_5$	—	—	28,92	—	28,92	0,204	4,00
$Al_2O_3$	32,29	32,30	—	—	32,30	0,346	4,55
$Fe_2O_3$	—	0,90	—	—	0,90		
$SrO$	48,33	48,53	—	—	48,43	0,478	0,204 4,00
$BaO$	4,10	3,89	—	—	4,00	0,026	
$H_2O$	—	—	44,93	42,07	$42,00 \div 9 = 4,333$	4,435	7,03
$F$	1,93	—	—	—	1,93	0,402	
$SiO_2$	0,96	—	—	—	0,96		
$K_2O$	—	0,34	—	—	0,34		
$Na_2O$	—	0,40	—	—	0,40		
					100,48		
O entsprechend F					0,84		
					99,37		

Das Verhältniss von  $P_2O_5 : Al_2O_3 : (Sr + Ba)O : (OH + F)$  ist sehr nahe 4 : 4,5 : 4 : 7, was die Formel  $Al_3Sr(OH)_7P_2O_7$  oder besser  $[Al(OH)_2]_3(SrOH)P_2O_7$  ergibt, worin Strontium theilweise durch Baryum und Hydroxyl durch Fluor ersetzt ist.

Bei der Methode, das Mineral für die Analyse vorzubereiten, konnten Spuren von anhängendem Feldspath und Glimmer nicht völlig vermieden werden, und sie wurden, obwohl die kleinen Mengen  $Fe_2O_3$  und Alkalien theils dem Hamlinith und theils den Verunreinigungen angehören konnten, dennoch bei der Berechnung vernachlässigt. Lässt man die Alkalien zusammen mit der äquivalenten Menge  $Al_2O_3$  (4,06 %),  $Fe_2O_3$  und  $SiO_2$ , im

Ganzen 3,62 %, aus der Analyse weg und berechnet das Uebrige auf 100 %, so ergeben sich die unten angegebenen Resultate, wo zugleich zum Vergleiche die theoretische Zusammensetzung mit dem Verhältnisse  $Sr : Ba = 7 : 4$  und  $OH : F = 13 : 4$  angeführt ist.

	Gefunden :	Berechnet :
$P_2O_5$	30,20	30,34
$Al_2O_3$	32,67	32,65
$SrO$	49,25	49,29
$BaO$	4,48	4,08
$H_2O$	42,53	42,48
$F$	2,04	2,04
	<hr/> 100,84	<hr/> 100,85
$O = F$	0,84	0,85

Nach seiner chemischen Zusammensetzung nimmt der Hamlinit eine besondere Stellung unter den Mineralien ein, da Strontium und Baryum noch nie vorher als Hauptbestandtheile eines Phosphats beobachtet wurden und zum ersten Male ein Pyrophosphat zu registriren ist.

### Notiz, betreffend Bertranditkrystalle von Oxford County, Maine.

Mit dem eben beschriebenen Hamlinit zusammen fand sich ein Stück, welches prismatische, durchschnittlich ungefähr 2 mm in der Länge und 4 mm in der Breite messende Krystalle zeigte, die sich als das seltene Mineral Bertrandit erwiesen. Den Habitus zeigt die beistehende Fig. 2 und die Formen sind folgende:  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $f\{130\}$ ,  $\varepsilon\{011\}$ ,  $e\{031\}$ ,  $k\{0.12.4\}$ .

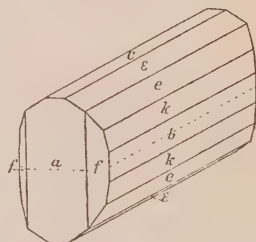
Die Krystalle sind in Wirklichkeit Zwillinge, indem zwei hemimorphe Individuen mit der Basis vereinigt sind, und gelegentlich die Zwillingsgrenze horizontal quer über die  $a$ -,  $f$ - und  $b$ -Fläche läuft. Das spec. Gewicht wurde zu 2,574 gefunden. Die Winkelmessungen sind unten angegeben zusammen mit den aus dem Axenverhältnisse

$$a : b : c = 0,56885 : 1 : 0,5973$$

berechneten Werthen.

	Gemessen :	Berechnet :
$f : f = (130) : (1\bar{3}0)$	$= 119^\circ 20'$	$119^\circ 16'$
$c : \varepsilon = (001) : (011)$	$= 30 \ 50$	$30 \ 54$
$c : e = (001) : (031)$	$= 60 \ 50$	$60 \ 50$
$c : k = (001) : (0.12.4)$	$= 82 \ 20$	$82 \ 4$

Fig. 2.



# XXXIV. Ueber Bixbyit, ein neues Mineral, mit einer Notiz über den begleitenden Topas.

Von

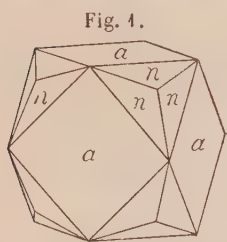
S. L. Penfield und H. W. Foote in New Haven, Conn.

(Mit 4 Textfiguren.)

## Bixbyit.

Das in der vorliegenden Abhandlung beschriebene Mineral wurde von Hrn. M. Bixby aus Salt Lake City, Utah, zur Identification gesendet. Betreffs des Vorkommens wurde uns mitgetheilt, dass das Mineral sehr spärlich an ein oder zwei beschränkten Plätzen am Rande der Wüste, ungefähr fünfunddreissig Meilen südwestlich von Simpson, Utah, gefunden worden ist. Die Krystalle waren auf Topas und zersetztem Granat und Rhyolith aufgewachsen, und haben sich offenbar durch Einwirkung heisser Dämpfe gebildet.

Das Mineral krystallisirt im regulären Systeme, gewöhnlich in Würfeln, von denen einige über 5 mm Kantenlänge besitzen. Diese sind gelegentlich mit dem Ikositetraeder  $\{211\}$  combinirt und an einem kleinen Stücke sind Würfel und Vierundzwanzigflächner fast mit der idealen Symmetrie, wie sie Fig. 4 zeigt, entwickelt. Die Krystalle gaben bei der Messung am Goniometer helle und gute Reflexe und der Winkel  $(211):(112)$  wurde zu  $33^{\circ}40'$  gefunden, berechnet  $33^{\circ}33\frac{1}{2}'$ . Das Mineral zeigt unregelmässigen Bruch, und an ein oder zwei Stücken wurde eine An-



deutung oktaëdrischer Spaltbarkeit beobachtet. Die Farbe ist glänzend schwarz mit Metallglanz, und der Strich schwarz. Die Härte ist 6—6,5. Das spec. Gewicht des zur quantitativen Analyse verwendeten Minerals wurde mit einer chemischen Waage bestimmt zu 4,945. Das Mineral schmilzt vor dem Löthrohre bei ungefähr 4 und wird magnetisch. Fein gepulvert löst es sich mit ziemlicher Leichtigkeit in Salzsäure unter Chlorentwicklung auf.

Methode der Analyse: Das Analysenmaterial wurde in nahezu reinem Zustande durch Trennung mittelst Thallium-Silbernitrat erhalten. Das Mineral wurde mit starker Salzsäure in einer mit Kühler versehenen Flasche

behandelt, und das freigemachte Chlor in eine Jodkaliumlösung überdestillirt. Das freie Jod wurde dann volumetrisch mit Normalthiosulfat und Jodlösung bestimmt, woraus die Menge des activen Sauerstoffes berechnet wurde. Nach dem Abfiltriren einer kleinen Menge unlöslicher Substanz wurden Eisen, Aluminium und Titan vom Mangan und Magnesium als basische Acetate getrennt. Die drei Oxyde wurden zusammen gewogen, dann Eisen durch Titration mit Permanganatlösung bestimmt und Titan zweimal gefällt durch zweistündiges Kochen der fast neutralen, verdünnten Sulfatlösung bei Gegenwart von Schwefeldioxyd. Es wurde als  $TiO_2$  gewogen. Aus dem Filtrat der basischen Acetatniederschläge wurde Mangan mit einem Ueberschusse von Bromwasser gefällt. Der Niederschlag wurde in einer Lösung von Schwefeldioxyd gelöst, als Phosphat gefällt und gewogen. Magnesium wurde aus dem ersten Filtrat vom Mangan als Phosphat gefällt.

Die Analysenresultate sind folgende:

	I.	II.	Mittel:	Verhältniss:
$SiO_2$	1,24	1,19	1,21	—
$Al_2O_3$	2,57	2,48	2,53	—
$Fe_2O_3$	47,81	48,15	47,98	0,300
$TiO_2$	1,62	1,78	1,70	0,022
$MnO$	42,08	42,02	42,05	0,592
$MgO$	0,12	0,09	0,10	0,002
Activer O	4,37	4,39	4,38	0,274
	99,81	100,10	99,95	

Kieselsäure und Aluminium sind als Verunreinigung zu betrachten, indem eine Spur davon in die Lösung ging, wenn das Mineral mit Salzsäure behandelt wurde. Bei der Reinigung des Materials für die Analyse liess sich ein Schwanken im spec. Gewicht beobachten, was seinen Grund darin hatte, dass einige der dunklen Theilchen durch Verunreinigung schwimmend erhalten wurden, aber um genügendes Material zur Analyse zu erhalten, war es nothwendig, etwas von den leichteren Partien mitzunehmen. Es ist nach den Resultaten der Analyse wahrscheinlich, dass etwas Topas zugegen war, da das Verhältniss von Kieselsäure und Thonerde ungefähr 1 : 1, und Topas eng mit Bixbyit vergesellschaftet ist.

Schliesst man Kieselsäure und Thonerde von der Berechnung aus, so sind zwei Formeln möglich. Betrachtet man das Titan als  $Ti_2O_3$ , so ist der aus  $TiO_2$  stammende Sauerstoff, 0,16 %, plus dem activen Sauerstoff 4,38 %, zusammen 4,54 %, fast genügend, um  $MnO$  in  $Mn_2O_3$  zu verwandeln, was bei 42,05 %  $MnO$  4,74 % verlangen würde. Die Zusammensetzung kann also durch die Formel  $R_2O_3$  ausgedrückt werden, wo  $R = Fe, Mn$  und etwas  $Ti$  ist. Das Verhältniss von  $Fe$  zu  $Mn$  ist 1 : 0,99 oder fast 1 : 1, so dass bei Ausserachtlassen des  $Ti_2O_3$  die Zusammensetzung  $FeMnO_3$  ist. Wäre das Mineral eine isomorphe Mischung von  $Fe_2O_3$ ,  $Mn_2O_3$  und  $Ti_2O_3$ , so sollte man



erwarten, dass es rhomboëdrisch wäre und in die Gruppe des Hämatits, Korunds und Titaneisens gehöre, und dann wäre es auch nicht wahrscheinlich, dass das *Fe* und *Mn* im Verhältniss 1 : 1 vorhanden wären.

Da das Mineral regulär ist, scheint es richtiger, es als eine Verbindung hauptsächlich von der Zusammensetzung *FeO.MnO<sub>2</sub>* anzusehen, und es gehört dann zum regulären Mineral Perowskit *CaO.TiO<sub>2</sub>*. Auf dieser Grundlage mögen die Analysenresultate in folgender Form gegeben werden :

Verhältniss :		
<i>FeO</i>	43,17	0,600
<i>MgO</i>	0,10	0,002
<i>MnO</i>	42,05	0,592
<i>TiO<sub>2</sub></i>	1,71	0,024
Activer O und O : <i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	9,18	0,574
<i>SiO<sub>2</sub></i>	1,21	
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	2,53	
<hr/>		99,95

Das Verhältniss von (*Fe* + *Mg*) : (*Ti* + *Mn*) ist 0,602 : 0,613 oder nahezu 1 : 1, während der Sauerstoff fast genügt, um *MnO* in *MnO<sub>2</sub>* zu verwandeln, wie das Verhältniss *MnO* : O = 0,592 : 0,574 erkennen lässt. Da der Sauerstoff vielleicht genauer als ein anderer Bestandtheil bestimmt wurde, scheint es möglich, dass ein kleiner Theil des Mangans als Oxydul das *FeO* ersetzt. Wenn gerade so viel Mangan als Oxydul angenommen wird, um das Verhältniss *RO* : *RO<sub>2</sub>* genau gleich 1 : 1 zu machen, so erhält man:

Verhältniss :		
<i>FeO</i>	43,18	0,600
<i>MgO</i>	0,10	0,002
<i>MnO</i>	0,40	0,006
<i>TiO<sub>2</sub></i>	1,71	0,024
<i>MnO</i>	44,65	0,587
O	9,18	—
<i>SiO<sub>2</sub></i>	1,21	
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	2,53	

Der zur Verwandlung von 44,65 % *MnO* in *MnO<sub>2</sub>* nöthige Sauerstoff ist 9,38, welcher nur um ein Geringes weniger wirklich bei der Analyse gefunden worden ist. Es scheint daher wahrscheinlich, dass das Mineral hauptsächlich *FeMnO<sub>3</sub>* = *FeO.MnO<sub>2</sub>* ist, in welchem kleine Quantitäten von *MgO* und *MnO* isomorph *FeO* vertreten und etwas *TiO<sub>2</sub>* die *MnO<sub>2</sub>*. Das Mineral ist daher als ein Eisensalz der manganigen Säure *H<sub>2</sub>MnO<sub>3</sub>* zu betrachten, entsprechend dem Braunit *MnMnO<sub>3</sub>*, der als Mangansalz derselben Säure angesehen wird.

Wir nennen das Mineral mit Vergnügen nach Hrn. Bixby, der uns

freigebig mit Material zur Untersuchung versah und sich grosse Mühe und Sorge machte, die Stücke herbeizuschaffen.

### Topas.

Am Topas, der den Bixbyit begleitet, wurden folgende Formen beobachtet:  $a\{100\}$ ,  $c\{001\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $l\{120\}$ ,  $d\{201\}$ ,  $f\{021\}$ ,  $y\{041\}$ ,  $o\{221\}$ ,  $u\{111\}$ .

Die Haupttypen der Krystalle sind in Fig. 2, 3 und 4 dargestellt. Mehrere der Krystalle waren länger als 4 cm und durchsichtig und farblos;

Fig. 2.

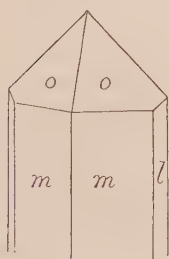


Fig. 3.

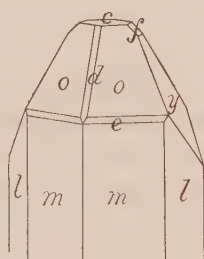
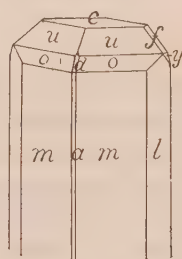


Fig. 4.



einige hatten eine zarte weingelbe Färbung, und viele waren theilweise oder ganz opak weiss. Die letzteren Krystalle erwiesen sich unter dem Mikroskop betrachtet nicht als Pseudomorphosen, sondern aus frischem unverändertem Topas bestehend, welcher offenbar während der Krystallisation eingeschlossene, sehr kleine Quarzkrystalle enthielt.

Mit den Topaskrystallen kommen rauhe Ikositetraëder vor, welche offenbar Granaten waren, aber eine Veränderung erlitten haben. Der Granat ist ganz verschwunden und die Krystalle bestehen aus Bixbyit mit Quarz oder Topas oder beidem. Der Granat war wahrscheinlich die Manganvariät Spessartin, der von W. Cross bei Nathrop, Col., beobachtet wurde (diese Zeitschr. 12, 497), begleitet von Topas in Rhyolith, ähnlich dem Vorkommen in Utah.

## XXXV. Notiz über die Zusammensetzung des Ilmenits.

Von

S. L. Penfield und H. W. Foote in New Haven, Conn.

Die Existenz eines Moleküls  $\overset{\text{II}}{RO}.\overset{\text{IV}}{RO}_2$  im Bixbyit und Perowskit erinnert an die verschiedenen Ansichten über die Zusammensetzung des Ilmenits. Nach der einen derselben kommt dem Mineral die Formel  $RO.TiO_2$  ( $R = Fe$  und  $Mg$ ) zu, welche zuerst von Mosander aufgestellt (Pogg. Ann. **19**, 219) und von Rammelsberg (Pogg. Ann. **104**, 497) und Hamberg (diese Zeitschrift 1892, **20**, 395) angenommen wurde. Nach der anderen ist die Zusammensetzung  $R_2O_3$  oder eine isomorphe Mischung von  $Fe_2O_3$  und  $Ti_2O_3$ , wie Rose vorschlägt (Pogg. Ann. **62**, 449) und Groth annimmt (Tabell. Uebersicht d. Min. 3. Aufl. 1889, 40).

Sowohl krystallographische als chemische Gründe zur Annahme von Mosander's Formel liegen vor. Hämatit und künstliches  $Ti_2O_3$  krystallisiren beide in der rhomboëdrisch-hemiedrischen Klasse des hexagonalen Systems, und die Länge ihrer Verticalaxe ist 4,359 resp. 4,346. Ilmenit jedoch unterscheidet sich in seiner Symmetrie von den vorhergehenden, indem er in der rhomboëdrisch-tetartoëdrischen Klasse des hexagonalen Systems krystallisirt, und die Länge seiner Verticalaxe, 4,385, nicht zwischen der des Hämatits und Titansesquioxyds liegt, wie man erwarten sollte, wenn Ilmenit eine isomorphe Mischung von  $Fe_2O_3$  und  $Ti_2O_3$  wäre. Ueberdies möchte man beim Isomorphismus der beiden Sesquioxyde erwarten, dass einmal auch  $Ti_2O_3$  im Ueberschusse vorhanden sein möchte, was noch niemals beobachtet wurde, obgleich das Verhältniss von  $Fe : Ti$  in einigen Fällen fast genau 4 : 4 betrug.

Die Gegenwart von Magnesia in fast allen untersuchten Ilmeniten kann bei der Annahme, dass das Mineral eine isomorphe Mischung der Sesquioxyde  $Fe_2O_3$  und  $Ti_2O_3$  sei, nicht erklärt werden.

Die Menge der Magnesia ist gewöhnlich gering, weniger als 5%, aber Cohen (N. Jahrb. f. Min. 1877, 695) hat einen Ilmenit von Du Toit's Pan, Südafrika, beschrieben, welcher in gerundeten Körnern vorkommt und 42,40 %  $MgO$  enthält und Rammelsberg (l. c.) einen krystallisirten von

Layton's Farm, Warwick, N. Y., welcher 13,71 %  $MgO$  enthält. Groth bemerkt zur Analyse Rammelsberg's, dass das Material unrein gewesen sein möchte, und wir hielten es, da uns in der Brush'schen Sammlung einige vorzüglich krystallisirte Stücke von diesem Fundorte zu Gebote standen, für das beste, eine neue Analyse zu machen. Das Material stammte von einem einzelnen Krystalle. Dieser war uneben, so dass keine genauen Messungen angestellt werden konnten, aber der Habitus war der des Ilmenits und mittelst des Contactgoniometers liessen sich die Formen  $c\{0004\}$ ,  $r\{10\bar{1}4\}$  und  $s\{02\bar{2}4\}$  identificiren. Die Analyse (von Foote) ist unten zusammen mit der von Rammelsberg ausgeführten angegeben.

	I.	II.	Mittel:	Verhältniss:	Rammelsb.:	Verhältniss:
$SiO_2$	0,44	0,34	0,37	0,006	—	—
$TiO_2$	57,30	57,28	57,29	0,716	57,71	0,721
$FeO$	24,08	24,23	24,15	0,335	26,82	0,372
$MgO$	16,01	15,93	15,97	0,399	13,71	0,342
$MnO$	1,09	1,12	1,10	0,015	0,90	0,013
$Fe_2O_3$	1,99	1,75	1,87	0,012	—	—
	100,91	100,62	100,75		99,14	
Spec. Gewicht			4,345		4,303	

In beiden Analysen ist das Verhältniss von  $R_2O:RO$  sehr nahe 4:4, was die Existenz des Moleküls  $RO.TiO_2$ , wo  $R = Fe$  und  $Mg$  ist, nachweist.

Es hat sich also endgiltig erwiesen, dass in dieser krystallisirten Varietät des Ilmenits ein Molekül  $MgO.TiO_2$  oder  $MgTiO_3$  vorliegt, und es scheint höchst einleuchtend, vorauszusetzen, dass das Eisen auch als  $FeO.TiO_2$  vorhanden ist, isomorph mit  $MgO.TiO_2$ , und nicht als isomorphe Mischung von  $Fe_2O_3$  und  $Ti_2O_3$ . Es kann jedoch durch chemische Mittel nicht festgestellt werden, dass das gesammte Titan vierwerthig vorliegt, weil beim Auflösen des Minerals zur Analyse  $Ti_2O_3$ , wenn es zugegen ist, zu  $TiO_2$  oxydirt wird auf Kosten des  $Fe_2O_3$ , und die Analyse ein Aequivalent  $FeO$  ergeben muss ( $Fe_2O_3 + Ti_2O_3 = 2TiO_2 + 2FeO$ ).

In den veröffentlichten Analysen des Ilmenits, wo das Verhältniss  $TiO_2:RO$  sehr constant 4:4 ist, ist fast ausnahmslos ein Ueberschuss an  $Fe_2O_3$  vorhanden, der in einigen Fällen mehrere Procent beträgt, wie man aus dem Verzeichniss der Analysen in Dana's System der Mineralogie S. 218 ersehen kann, und wie Hamberg betont hat, ist die Annahme zulässig, dass das Hämatitmolekül  $Fe_2O_3$  oder  $FeFeO_3$  befähigt sei, sich mit dem Ilmenitmolekül  $FeTiO_3$  und  $MgTiO_3$  zu mischen, gerade wie  $CaCO_3$  und  $NaCO_3$  praktisch als isomorph betrachtet werden können.



# XXXVI. Ueber die Identität des Chalkostibit (Wolfsbergit) mit Guejarit und über Chalkostibit von Huanchaca, Bolivia.

Von

S. L. Penfield in New Haven, Conn., und A. Frenzel in Freiberg i. S.

Mit einem Zusatze von A. Frenzel.

(Hierzu 4 Textfiguren.)

## Einleitung.

Im December 1894 sandte Hr. Theodor Hohmann, Mineningenieur zu Valparaiso, Chile, einige Stücke aus der Pulacayomine<sup>1)</sup> (s. Zusatz S. 607), Huanchaca, Bolivia, zur Untersuchung an den einen von uns (Frenzel). Auf einem derselben befanden sich einige prismatische Krystalle eines Minerals mit Metallglanz, welches, wie Hr. Hohmann uns mittheilt, sehr spärlich gefunden, ihm unbekannt, und möglicherweise neu oder doch der Untersuchung werth wäre. Da das Material beschränkt war, so lag es nahe, das Mineral, wenn möglich, nach seiner Krystallform zu bestimmen; und bei der Untersuchung stellte sich heraus, dass die Spaltbarkeit und einige der Hauptkrystallformen auf das seltene Mineral Guejarit passten, welches Cumenge (diese Zeitschr. 4, 423) beschrieben hat mit der Zusammensetzung  $Cu_2S \cdot 2Sb_2S_3$ .

Fast zur gleichen Zeit, als dieses Material an uns geschickt wurde, wurde ein zweites Stück von Huanchaca von der Mineralienniederlage zu Freiberg, Sachsen, erhalten, und Hr. Zinkeisen, Director dieses Instituts, welcher erfuhr, dass das Mineral als Guejarit bestimmt worden war, schickte das Stück an Hrn. L. Fletcher in London, und es wurde für die Mineraliensammlung des Britischen Museums erworben. Um das Mineral mit Sicherheit zu identificiren, ersuchte Hr. Fletcher Hrn. L. J. Spencer, Assistent der mineralogischen Abtheilung des Britischen Museums, die Krystalle zu

1) S. Zusatz S. 607.

untersuchen, wobei sich herausstellte, dass die Formen nicht nur mit Guejarit, sondern ebenso gut mit Chalkostibit (Wolfsbergit) übereinstimmten. Hr. Spencer bereitete demnach eine Veröffentlichung vor »Ueber Wolfsbergit von Bolivia, und die Wahrscheinlichkeit einer Identität von Wolfsbergit und Guejarit« (vorgetragen in der mineralogischen Gesellschaft von London 14. April 1896). Als Hr. Fletcher erfuhr, dass wir mit der Untersuchung des gleichen Minerals beschäftigt seien, lenkte er unsere Aufmerksamkeit auf die Thatsache, dass Guejarit und Chalkostibit nicht krystallographisch unterschieden werden könnten, und ersuchte Hrn. Spencer, seine Resultate uns zu schicken, um sie mit den unseren zu vereinen. Auf den folgenden Seiten wird nun in der That gezeigt werden, dass der Guejarit, welchem die Zusammensetzung  $Cu_2S.2Sb_2S_3$  zugeschrieben wurde, in Wirklichkeit mit Chalkostibit (Wolfsbergit)  $Cu_2S.Sb_2S_3$  identisch ist.

Chalkostibit von Wolfsberg im Harz. Auf Handstücken dieser Localität wurde die Verbindung zuerst von Zincken (Pogg. Ann. 1835, 35, 357) im Jahre 1835 gefunden, welcher das Mineral Kupferantimonglanz nannte. Die Zusammensetzung  $Cu_2S.Sb_2S_3$  stellte H. Rose (ebenda 364) durch eine Analyse fest, und die Krystalle wurden gemessen und als rhombisch von G. Rose (ebenda 360) bestimmt, welcher zwei Prismen und ein Pinakoid in einer Zone feststellte, das Axenverhältniss aber wegen des Fehlens von Endflächen nicht vollständig bestimmen konnte. Huot (Mineralogie 1, 197) wies dem Mineral im Jahre 1844 den Namen Rosit zu wegen seiner Aehnlichkeit mit dem Roselit, aber derselbe fand keine allgemeine Aufnahme. 1847 nannte Glocker (Synopsis 32) das Mineral Chalkostibit und Nicol im Jahre 1849 Wolfsbergit (Mineralogie 484). Glocker's Name hat also die Priorität vor dem Nicol's, und es liegt augenscheinlich kein Grund vor, ihn nicht anzunehmen, obgleich Wolfsbergit allgemeine Annahme gefunden hat.

Terminirte Krystalle vom Chalkostibit von Wolfsberg sind sehr selten und wir verdanken Laspeyres (diese Zeitschr. 1894, 19, 428) die einzige Beschreibung eines solchen und die Bestimmung des Axenverhältnisses. Um eine krystallographische Beziehung zwischen Chalkostibit und den ähnlich constituirten Mineralien Zinckenit  $PbS.Sb_2S_3$ , Skleroklas vom Rath  $PbS.As_2S_3$  und Emplektit  $Cu_2S.Bi_2S_3$  zu zeigen, wurden die Krystalle so gestellt, dass die vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis und die herrschende prismatische Entwicklung parallel der  $b$ -Axe geht.

Die von Laspeyres festgestellten Formen sind:

$$\begin{array}{l} c\{001\}, \quad d\{101\}, \quad f\{011\}, \quad p\{7.14.8\}^1, \\ e\{307\}, \quad g\{201\}, \quad q\{863\}, \quad r\{7.21.27\}^1. \end{array}$$

1) Wie später gezeigt wird, sollte  $\{7.14.8\}$  und  $\{7.21.27\}$  eigentlich  $\{6.12.7\}$  resp.  $\{434\}$  sein.

Das Axenverhältniss wurde aus den Messungen der Pyramide  $p$  abgeleitet und von Laspeyres gefunden als  $a : b : c = 0,5283 : 1 : 0,6234$ , aber wenn man der Pyramide  $p$  die Indices  $\{6.12.7\}$  statt  $\{7.14.8\}$  giebt, bekommt man das Verhältniss  $0,5283 : 1 : 0,6364$ .

Einige der wichtigeren Messungen Laspeyres sind in Columne 1 der Tafel S. 605 u. folg. zu finden.

Chalkostibit (Guejarit) von Guejar in Spanien. Dass der Guejarit eine besondere Mineralspecies sei, wurde auf folgende Analyse Cumenge's (l. c.) gegründet:

	Gefunden:	Berechnet für $Cu_2S.2Sb_2S_3$
<i>S</i>	25,0	27,0
<i>Sb</i>	58,5	57,8
<i>Cu</i>	15,5	15,2
<i>Fe</i>	0,5	—
<i>Pb</i>	Spur	—
	<hr/> 99,5	<hr/> 100,0

Obgleich die Resultate genügend mit der theoretischen Zusammensetzung übereinstimmen, kann doch eine Analyse, in der die Bestimmung nur auf halbe Procente ausgeführt wurde, nicht als völlig genügend angesehen werden, um darauf eine neue Mineralspecies zu begründen; und da weder die Methode der Analyse angegeben, noch eine Feststellung der Menge des angewandten Materials, so können die Resultate nicht genügend geprüft werden. Da die Krystalle des Chalkostibit denen des Antimonit ähnlich sind in Farbe, Glanz, Ausbildung und Spaltbarkeit, und da ferner Antimonit wahrscheinlich an einer Localität, wo Chalkostibit gefunden wurde, vorkommen wird, wie bei Wolfsberg im Harz, so ist es möglich, dass das von Cumenge analysirte Material etwas Antimonit enthalten habe, welchem die Ursache der falschen Formel zuzuschreiben sein wird. Es mag hier bemerkt werden, dass Rammelsberg in der zweiten Ergänzung seines Handbuches der Mineralchemie (1895, 54) ein Fragezeichen hinter die Formel des Guejarits setzt.

Die Krystallform des Minerals wurde durch C. Friedel (s. diese Zeitschrift 1880, 4, 423) als rhombisch bestimmt. Der Habitus ist prismatisch mit gestreiften und ineinander übergehenden Formen der hauptsächlich ausgebildeten Zone wegen der abwechselnden Ausbildung einer Reihe von Prismen. Krystalle mit Endflächen sind selten. In der von Friedel angenommenen Stellung wurde die fast vollkommene Spaltbarkeit in der Prismenzone als  $b\{010\}$  angenommen und folgende Formen bestimmt:

$$\begin{array}{cccc} b\{010\} & h\{210\} & m\{110\} & d\{013\} \\ c\{001\} & k\{320\}^1 & l\{230\}^1 & e\{011\}. \end{array}$$

1) Die Formen  $\{320\}$  und  $\{230\}$  sind von Friedel als  $\{730\}$  resp.  $\{370\}$  angegeben worden.

Zum Vorbergehenden sind die zweifelhaften Formen  $\{440\}$ ,  $\{340\}$  und  $\{032\}$  und zugleich zwei Pyramiden  $x(b : x = 56^\circ 24')$  und  $z(b : z = 39^\circ 58')$  erwähnt, aber die Symbole der letzteren Formen können nicht bestimmt werden, da nur eine Messung vorliegt. Das von Friedel erhaltene Axenverhältniss ist  $a : b : c = 0,8221 : 1 : 0,7841$ .

Um die Krystalle in die Stellung zu bringen, welche Laspeyres für Chalkostibit annahm, ist die Orientirung dahin zu ändern, dass die fast vollkommene Spaltbarkeit zur Basis  $c\{001\}$  wird und die hauptsächlich ausgebildete Zone der Prismen parallel der Axe  $b$  läuft. Die Verticalaxe nach Friedel, als neue  $b$ -Axe doppelt genommen, giebt dann das Axenverhältniss  $a : b : c = 0,5242 : 1 : 0,6377$ , während das von Laspeyres' Messungen abgeleitete  $0,5283 : 1 : 0,6364$  ist.

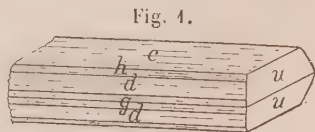
In der folgenden Tabelle sind die von Friedel beobachteten Formen angegeben zusammen mit den Indices, wenn sie auf die von Laspeyres angenommene Stellung bezogen werden:

Guejarit- stellung:	Chalkostibit- stellung:	Guejarit- stellung:	Chalkostibit- stellung:
$b\{010\} =$	$c\{001\}$	$m\{110\} =$	$d\{101\}$
$c\{001\} =$	$b\{010\}$	$l\{230\} =$	$h\{203\}$
$h\{210\} =$	$g\{201\}$	$d\{013\} =$	$u\{061\}$
$k\{320\} =$	$i\{302\}$	$e\{011\} =$	$t\{021\}$ .

Am Schlusse seiner Abhandlung lenkt Friedel die Aufmerksamkeit auf die grosse Aehnlichkeit des von ihm beobachteten Prismas  $m : m = 101^\circ 9'$  mit dem des Chalkostibit von  $101^\circ 0'$ , welches Rose gemessen hat.

In der Brush'schen Sammlung zu New Haven ist ein Stück Chalkostibit von Guejar vorhanden, welches von Prof. Groth in München geschenkt wurde. Es ist das Fragment eines Krystalles ohne Endflächen und stimmt im Aussehen genau mit der von Friedel gemachten Beschreibung des Guejarits. Gleichwohl wurde es, um sicher die Identität mit dem bei ihm beschriebenen Material festzustellen, sorgfältig gemessen mit den Resultaten, welche in Columnne IV der Tabelle auf S. 605 zu finden sind. Das Stück wog etwas über ein Gramm, und das spec. Gewicht wurde zu 4,959 gefunden. Cumenge giebt 5,03 an.

Dem an Prof. Groth gerichteten Wunsche, uns mit Etwas von diesem seltenen Mineral für die chemische Analyse zu unterstützen, entsprach Derselbe und übermittelte uns auch Messungen eines mit Endflächen versehenen, der Münchener Sammlung angehörenden Krystals. Diese Messungen hat Hr. Schott ausgeführt und sie sind in Columnne V auf Seite 605 angeführt. Den Habitus dieses Krystals zeigt Fig. 4.





Bitten um Material wurden auch an Prof. Friedel und Hrn. Cumenge gerichtet und diese waren im Stande, uns mit Proben von dem Original-mineral von Guejar, das sie untersucht haben, zu unterstützen. Das von Prof. Friedel erhaltene Material war ein kleines Fragment eines Krystalles, das 0,408 g wog und in allem mit dem uns von Prof. Groth gegebenen übereinstimmte. Gleichwohl wurde es, bevor es zur Analyse verwendet wurde, sorgfältig gemessen und die Resultate sind in Columne III Seite 605 angegeben. Das von Hrn. Cumenge beigesteuerte Material bestand aus kleinen, fein gestreiften Krystallbruchstücken, die sich zur Messung nicht eigneten. Sie wogen 0,428 g und jeder Krystall wurde, bevor er der Analyse unterworfen wurde, auf Kupfer geprüft, um sicher zu sein, dass kein Antimonitkrystall unter ihnen sei.

Die Resultate der Analysen (von Frenzel) der von Prof. Groth und Friedel und Hrn. Cumenge erhaltenen Stücke sind unten in den Colum-nen I, II und III der Reihe nach angeführt:

Spec. Gewicht 4,96				Verhältniss:		Theorie für				
I.						II.		III.		$Cu_2S.Sb_2S_3$
S	26,28	÷ 32	=	0,821	4,00	S	—	26,42	25,87	
Sb	48,86	÷ 120	=	0,407	1,995	Sb	48,50	48,44	48,50	
Cu	24,44	÷ 126,8	= 0,193	0,202	0,995	Cu	25,92	25,23	25,63	
Pb	0,58	÷ 207	= 0,002			Pb	—	0,32	—	
Fe	0,42	÷ 56	= 0,007			Fe	—	0,49	—	
<hr/> 100,58						Zn	—	0,48	—	
						<hr/> 100,78				100,00

In der ersten Analyse ist das Verhältniss von S : Sb : ( $Cu_2 + Pb + Fe$ ) fast genau 4 : 2 : 1, wie es die Chalkostibitformel  $Cu_2S.Sb_2S_3$  verlangt. Die Resultate der zweiten und dritten Analyse sind fast identisch mit denen der ersten, so dass wir also die Identität des Guejarits mit dem Chalko-stibit in chemischer Hinsicht ohne allen Zweifel festzustellen im Stande sind.

Chalkostibit von Huanchaca, Bolivia<sup>1)</sup>. Auf einem Stück, welches uns von Hrn. Hohmann gesandt wurde, fand sich der Chalkostibit in prismatischen Krystallen, ungefähr 4 mm im Durchmesser und 2 mm in der Länge erreichend, welche auf einer Spalte in einem Quarz und Pyrit haltenden Gänge sassen. Auch etwas derber Tetraëdrit war zugegen, aber die Chalkostibitkrystalle wurden nicht direct auf ihm gefunden. Obgleich die Krystalle isolirt und recht zahlreich waren, sassen doch nur wenige so, dass sie abgelöst und zur Messung verwendet werden konnten. An beiden Enden ausgebildete wurden nicht beobachtet. Die Krystalle sind sehr flächenreich, und die identificirten Formen sind in der folgenden Tabelle angeführt, wo die neuen mit einem Stern versehen sind.

1) S. Zusatz S. 607.

$c\{001\}$	$h\{203\}$	$t\{021\}$	$v\{133\}^*$
$l\{130\}$	$d\{104\}$	$u\{064\}$	$\pi\{265\}^*$
$A\{209\}^*$	$i\{302\}^*$	$q\{863\}$	$\varrho\{263\}^*$
$A_1\{207\}^*$	$g\{204\}$	$p\{6.12.7\}$	$\sigma\{4.42.5\}^*$
$A_3\{205\}^*$	$s\{065\}^*$	$\mu\{136\}^*$	$\tau\{264\}^*$

Die starke Entwicklung der Pyramiden  $p$  und  $q$ , deren Indices complicirt sind, entspricht fast genau der Beschreibung, welche Laspeyres vom Vorkommen derselben

Formen an den Krystallen von Wolfsberg gibt. Diese Pyramiden waren frei von Streifung und vicinaler Entwicklung und gaben prachtvolle Reflexe. Ein paar Krystalle wurden beobachtet, welche den Ha-

titus der Fig. 3, einer Projection auf das Pinakoid  $\{010\}$ , zeigen. Alle die in vorheriger Tabelle gegebenen pyramidalen Formen wurden an einem einzigen Krystalle von dieser Ausbildung beobachtet, aber von den Flächen in der Zone zwischen  $c$  und  $l$ , welche alle sehr schmal waren, sind  $\mu$ ,  $\nu$  und  $\sigma$  in der Figur nicht wiedergegeben.

Das Axenverhältniss, welches unten angegeben ist, wurde aus besonders guten Messungen an der Pyramide  $q\{863\}$  abgeleitet.

$$(863):(\bar{8}63) = 126^{\circ}21'$$

$$(863):(\bar{8}6\bar{3}) = 438 \quad 24$$

$$a : b : c = 0,5312 : 1 : 0,63955$$

Laspeyres' Berechnung  $0,5283 : 1 : 0,6364$ 

Friedel's - 0,5242 : 4 : 0,6377.

Eine Liste der gemessenen Winkel ist in der Columnne VI der Tabelle auf Seite 605 u. flg. zu finden.

Obleich der Vorrath an Material beschränkt war, konnte doch bei sorgsamer Trennung eine genügende Menge des reinen, krystallisirten Minerals zur chemischen Analyse erhalten werden, welche von Frenzel ausgeführt wurde und folgende Resultate entsprechend den von der Theorie für die Chalkostibitformel geforderten ergab.

	Gefunden:	Theorie für $Cu_2S.Sb_2S_3$
<i>S</i>	26,20	25,87
<i>Sb</i>	48,45	48,50
<i>Cu</i>	24,72	25,63
	<hr/> 99,37	<hr/> 100,00

Hr. L. J. Spencer giebt folgende Beschreibung des Chalkostibitstückes

Fig. 2.

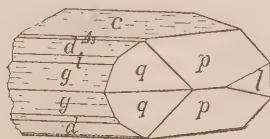
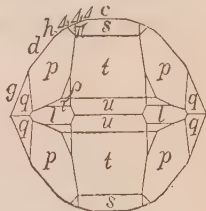


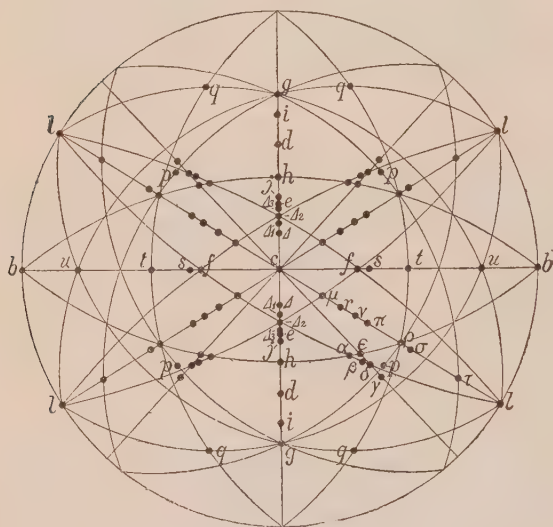
Fig. 3.



von Huanchaca, welches dem Britischen Museum gehört. Die kleinen, glänzenden, blättrigen Krystalle von Chalkostibit befinden sich auf einem meist aus derbem und krystallisiertem Quarz, Pyrit und Tetraëdrit bestehenden Stücke. Die Chalkostibitkrystalle sind flach parallel des Basis  $c\{001\}$  und verlängert und gestreift parallel der krystallographischen  $b$ -Axe.

Sie waren manchmal an den Enden von unsymmetrisch entwickelten kleinen Pyramidenflächen begrenzt, öfter aber von matten gerundeten Endflächen, die sich in der Stellung dem Pinakoid  $\{010\}$  näherten. Die beobachteten Formen sind in der Tabelle unten angeführt, wo die neu entdeckten mit einem Stern versehen sind.

Fig. 4.



$\eta\{205\}$	$\beta\{354\}^*$
$i\{302\}$	$\gamma\{474\}^*$
$d\{104\}$	$\delta\{475\}^*$
$g\{204\}$	$\epsilon\{476\}^*$
$\alpha\{233\}^*$	

Die von ihm erhaltenen Messungen sind in Columnen VII der Tabelle auf Seite 606 zu finden.

Ueberblick über die krystallographischen Untersuchungen. Die folgende Tabelle enthält alle am Chalkostibit identificirten Formen und ihre Vertheilung ist aus der Projection Fig. 4 zu ersehen.

$b\{010\}$	$e\{307\}$	$f\{041\}$	$\mu\{136\}$	$\tau\{261\}$
$c\{001\}$	$j\{102\}$	$s\{065\}$	$r\{134\}$	$\alpha\{233\}$
$l\{130\}$	$h\{203\}$	$t\{021\}$	$\nu\{133\}$	$\beta\{354\}$
$A\{209\}$	$d\{104\}$	$u\{061\}$	$\pi\{265\}$	$\gamma\{474\}$
$A_1\{207\}$	$i\{302\}$	$q\{863\}$	$p\{263\}$	$\delta\{475\}$
$A_2\{103\}$	$g\{204\}$	$p\{6.12.7\}$	$\sigma\{4.12.5\}$	$\epsilon\{476\}$
$A_3\{205\}$				

Alle Forscher lenken die Aufmerksamkeit auf den gestreiften Charakter der Krystalle in der Richtung der  $b$ -Axe, und auf der Schwierigkeit, zuverlässige Messungen zu erhalten, mag die Ungewissheit über einige Formen der Zone  $(100):(001)$  beruhen. Die einzigen Formen, welche wegen ihrer guten Ausbildung identificirt waren, sind in dieser Zone  $h, d$  und  $g$ .

Die herrschende Ausbildung der Pyramiden  $p$  und  $q$  mit so complicirten Indices wie {6.42.6} resp. {863} an Krystallen sowohl von Wolfsberg, als von Huanchaca, ist sicher sehr ungewöhnlich, und es scheint dabei nichts gewonnen, wenn man einer davon einfachere Indices giebt, ausser wenn man die Complicirtheit der anderen Formen um vieles vermehren wollte.

Neben der vollkommenen basischen Spaltbarkeit wurden Spuren einer Spaltbarkeit nach den Pinakoiden {100} und {010} beobachtet.

In der folgenden Tabelle sind die berechneten Werthe aus dem Axenverhältnisse  $a : b : c = 0,5342 : 1 : 0,63955$  abgeleitet und die von verschiedenen Forschern gemachten Messungen durch römische Ziffern über den Columnen bezeichnet und zwar bedeutet:

- I. Laspeyres Krystalle von Wolfsberg im Harz.
- II. Friedel Krystalle von Guejar in Andalusien.
- III. Penfield Krystallbruchstück von Guejar von Prof. Friedel.
- IV. Penfield Krystallbruchstück von Guejar von Prof. Groth.
- V. Schott Krystall mit Endflächen in der Münchener Sammlung.
- VI. Penfield Krystalle von Huanchaca, Bolivia.
- VII. Spencer Krystalle von Huanchaca, Bolivia.

Messungen von der Basis  $c\{001\}$  zu den Flächen der Zone  $(001):(100)$ .

	Berechnet:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$c : \mathcal{A} (209) = 14^{\circ} 59'$	—	—	—	—	—	—	$14^{\circ} 40'$
$c : \mathcal{A}_1 (207)$	18 59	—	—	—	—	—	17 40
$c : \mathcal{A}_2 (103)$	24 52	—	—	$24^{\circ} 55'$	$22^{\circ} 21'$	—	—
$c : \mathcal{A}_3 (205)$	25 43	—	—	—	—	—	25 55
$c : e (307)$	$27\ 47\frac{1}{2}$	$27^{\circ} 42'$	—	—	$27\ 44$	—	—
$c : j (102)$	34 3	—	—	34 3	—	—	—
$c : h (203)$	38 45	—	$39^{\circ} 58'$	38 45	38 46	$38^{\circ} 54'$	37 0
$c : d (101)$	50 17	51 22	$50\ 34\frac{1}{2}$	50 32	50 25	50 48	50 42
$c : i (302)$	64 $41\frac{1}{2}$	—	62 50	—	—	—	64 45
$c : g (201)$	67 27	66 28	67 39	67 8	67 22	67 24	67 24

Zu den vorhergehenden mögen die Messungen Rose's hinzugefügt werden:  $c : d = 50^{\circ} 30'$  und  $c : g = 67^{\circ} 36'$ , und folgende von Spencer  $c : \mathcal{A}_3 = 25^{\circ} 49'$  (Mittel von  $25^{\circ} 51'$ ,  $25^{\circ} 55'$ ,  $25^{\circ} 54'$  und  $25^{\circ} 35'$ ) und  $c : i = 63^{\circ}$ ,  $63^{\circ}$  und  $63^{\circ} 43'$ . Diese letzteren Messungen von Spencer und eine von Friedel  $c : i = 62^{\circ} 50'$  möchten die Existenz einer Form {805} ( $(001) : (805) = 62^{\circ} 34'$ ) andeuten anstatt der wahrscheinlicheren  $i\{302\}$ .

Die von den Flächen der Zonen  $(100) : (010)$  und  $(010) : (001)$  erhaltenen Messungen sind:



	Berechnet:	I.	II.	V.	VI.
$l : l (130) : (\bar{1}30)$	$= 64^{\circ} 43'$	—	—	—	$64^{\circ} 22'$
$c : f (004) : (014)$	32 36	$32^{\circ} 24'$	—	—	—
$f : f (044) : (04\bar{4})$	444 48	446 34	—	—	—
$s : s (065) : (06\bar{5})$	404 59 $\frac{1}{2}$	—	—	—	405 24
$c : t (004) : (024)$	51 59	—	$51^{\circ} 54'$	—	—
$t : t (024) : (02\bar{4})$	76 2	—	—	—	76 24
$c : u (004) : (064)$	75 23 $\frac{1}{2}$	—	75 23	$75^{\circ} 24'$	—
$u : u (064) : (06\bar{4})$	29 43	—	—	—	29 32

Die von den Pyramidenflächen erhaltenen Messungen sind:

	Berechnet:	I.	VI.	VII.
$q : q (863) : (\bar{8}63)$	$= 426^{\circ} 24'$	$426^{\circ} 34'$	$426^{\circ} 24'*$	—
$q : q (863) : (\bar{8}6\bar{3})$	438 24	—	438 24 *	—
$q : q (863) : (86\bar{3})$	32 46 $\frac{1}{2}$	32 48	32 46	—
$p : p (6.42.7) : (\bar{6}.42.7)$	69 38	69 49	69 34	—
$p : p (6.42.7) : (6.42.\bar{7})$	405 49	—	405 46	—
$p : p (6.42.7) : (6.42.\bar{7})$	67 44	$67^{\circ} 48\frac{1}{2}$	$67^{\circ} 44\frac{1}{2}$	—
$c : u (004) : (436)$	20 44	—	20 48	—
$c : r (004) : (434)$	29 34 $\frac{1}{2}$	30 2 $\frac{1}{2}$	—	—
$f : r (044) : (434)$	46 40 $\frac{1}{2}$	46 22	—	—
$d : r (404) : (434)$	40 45 $\frac{1}{2}$	40 32 $\frac{1}{2}$	—	—
$c : v (004) : (133)$	37 3	—	36 45	—
$c : \pi (004) : (265)$	42 44	—	44 46	—
$c : \rho (004) : (263)$	56 29	—	56 42	—
$c : \sigma (004) : (4.42.5)$	64 6 $\frac{1}{2}$	—	64 8	—
$c : \tau (004) : (264)$	77 33	—	77 32	—
$c : \alpha (004) : (233)$	45 44 $\frac{1}{2}$	—	—	$46^{\circ} 0'$
$A_3 : \alpha (205) : (233)$	29 49 $\frac{1}{2}$	—	—	30 0
$c : \beta (004) : (354)$	50 20	—	—	50 28
$A_3 : \beta (\bar{2}05) : (354)$	74 2	—	—	74 9
$d : \beta (\bar{4}04) : (354)$	92 2	—	—	92 4
$c : \gamma (004) : (474)$	58 44	—	—	58 43
$A_3 : \gamma (205) : (474)$	42 48 $\frac{1}{2}$	—	—	42 3
$d : \gamma (404) : (474)$	35 34	—	—	34 53
$c : \delta (004) : (475)$	52 45	—	—	52 25
$c : \varepsilon (004) : (476)$	47 37	—	—	$45^{\circ} - 47^{\circ}$

In der vorhergehenden Tabelle zeigen viele Werthe beträchtliche Abweichungen von den berechneten, was zu erwarten war wegen des gestreiften Charakters einiger derselben und der Kleinheit der anderen. Andererseits sind die Messungen der besten und hervorragenden Flächen  $h$ ,  $d$ ,  $g$ ,  $u$ ,  $q$  und  $p$  ausserordentlich nahe an den berechneten Werthen, und

man darf annehmen, dass das von uns aufgestellte Axenverhältniss genauer als das anderer Forscher ist.

Die von Friedel erwähnte Pyramide  $x$  ( $c : x = 56^{\circ} 24'$ ) ist wahrscheinlich  $p \{6.12.7\}$  ( $c : p = 56^{\circ} 24\frac{1}{2}'$  berechnet), welche vorherrschend ausgebildet ist an den Krystallen von Wolfsberg und Huanchaca.

Zum Schluss drücken wir mit Vergnügen den Hrn. Prof. Friedel und Groth und den Hrn. Cumenge, Hohmann, Spencer, Schott und Fletcher, welche uns in werthvoller Weise mit Material zu dieser Untersuchung und Informationen betreffs des Minerals unterstützt haben, unsern Dank aus.

### Zusatz von A. Frenzel.

Die Grube Pulacayo zu Huanchaca in Bolivia ist eine der reichsten Silbergruben der Erde. Die Silbergänge sind eingeschlossen in eine Hügelkette, die die letzten Ausläufer der Cordillere de los Frailes bilden und die zu den Hochebenen der Anden aufsteigen, gelegen unter  $20^{\circ}$  südl. Breite und  $69^{\circ}$  westl. Länge von Paris im Terrain von Potosi, circa  $4^{\circ}$  östlich von der Küste von Tarapaca und in einer Höhenlage von 4100 bis 4500 m.

Die Mine Pulacayo bebaut zwei Gänge, »Corpus« und »San Tomas«, welche im Jahre 1842 durch den in Pulacayo angelegten Stollen »Lateral« in einer Tiefe von 270 m aufgeschlossen wurden. Dieser Stollen wurde später gegen Norden verlängert, in Pacamayo zu Tage getrieben mit einer Gesamtlänge von ca. 3300 m und bildet somit einen Tunnel. In 700 m Entfernung von Pulacayo schnitt man mit dem Stollen den Gang »Corpus« und in einer weiteren Entfernung von 50 m den parallel streichenden Gang »San Tomas« an, welche sich etwa 120 m unter der Stollensohle zu einem Gange vereinigen, worin seit Jahren der Hauptbetrieb stattfindet. In der Richtung von Pulacayo nach Pacamayo, d. i. von Süden nach Norden, treten zunächst rothe Conglomerate, mit thonigem Bindemittel, welche schliesslich in rothe sandige Thonschiefer übergehen und dem Rothliegenden angehören. Das Rothliegende überlagert Granitporphyr und unter diesem Granitporphyr steht ein trachytischer Quarzporphyr an, in welchem die genannten zwei Erzgänge aufsetzen. Auch an der Grenze zwischen Granitporphyr und trachytischem Quarzporphyr setzt ein Erzgang auf, die Veta Santa Rosa, in welchem bis jetzt (siehe A. Gmehling, Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 38, Jahrgang 1890) wenig Versuchsarbeiten vorgenommen wurden. Der Hauptgang wird erst in einer Teufe von ungefähr 50 m unterhalb des Stollens compact und ist dann meist über 4 m mächtig. Die Salbänder bestehen aus Quarz mit eingesprengten Eisenkiesen, dann folgen auf beiden Seiten meist reine Kiese, weiter Zinkblende und Fahlerz, Bleiglanz, Kupferkies mit Quarz und in der Mitte Zinkblende mit Fahlerz.

Selten findet sich Antimonit und Stephanit und zweilen treten Spuren von Wismuth- und Zinnverbindungen auf. Der Pyrit ist derb oder krystallisirt in schön ausgebildeten Pentagondodekaëdern, derselbe ist arm an Silber, dagegen sind die Zinkblenden silberhaltig. Die Zinkblende von Huanchaca ist fast immer derb, dagegen erhielt ich von den Minen von Porco gut krystallisirte Sphalerite. Das Fahlerz ist das Haupterz, es ist vorherrschend dunkles Antimonfahlerz mit einem bis zu 40 % ansteigenden Silbergehalte. Die Fahlerze kommen derb und krystallisirt vor. Die Formen sind Tetraëder und Trigondodekaëder. A. G mehling brachte überaus schön krystallisirte Fahlerze nach Freiberg mit und dieselben erreichten zum Theil eine Grösse, wie man sie wohl von keinem zweiten Punkte der Erde kennt. Der Kupferkies ist vorherrschend derb, seltener krystallisirt, Bleiglanz körnig und blättrig und mit Zinkblende verwachsen. Diese reichen Erze werden von Kaolin begleitet, welcher sich in Bändern von rein weisser Farbe im Gange vorfindet.

Eine spätere Sendung, welche mein kürzlich verstorbener Freund Hohmann mir von der Mine Pulacayo schickte, um auch von diesem Vorkommen zu entscheiden, ob Wolfsbergit vorliege, bestand aus drei Stufen, welche wiederum sehr kleine, rhombische, säulenförmige, vertical gestreifte und stark glänzende Krystalle trugen. Die Untersuchung dieser Krystalle ergab das überraschende Resultat, dass weder Guejarit resp. Wolfsbergit, sondern vielmehr Bournonit vorlag. Erschwert wurde dessen Analyse noch durch den Umstand, dass die Kryställchen theils auf einer Unterlage aufsassen, welche nicht aus Bournonit, sondern aus Tetraëdrit bestand, ja zum Theil waren die Bournonitkrystalle geradezu in Fahlerz eingebettet, bildeten also im Fahlerz schwebende oder schwimmende Krystalle; ein derartiges Stück übergab ich der mineralogischen Sammlung des bayerischen Staates.

Die analytischen Resultate ergeben nun durch diese Fahlerzbeimengung im Blei zu niedere, im Kupfer zu hohe und ausserdem nicht unbedeutende Silbergehalte. Erst nachdem ich auch das dritte und letzte Handstück zerschlagen, liess sich genügend reines Material aussuchen, welches nur noch Spuren von Fahlerzbeimengung enthielt. Dieses ergab nun folgende Zusammensetzung:

Blei	40,88 %
Kupfer	12,70
Silber	Spur
Eisen	0,40
Zink	0,44
Antimon	24,78
Schwefel	20,50
	<hr/>
	99,40 %

Hiermit war das Bournonitvorkommen der Grube Pulacayo nachgewiesen.

Der Gang der in vorstehender Arbeit mitgetheilten Analysen war folgender: Kupfer und Antimon wurden aus ihrer Lösung gemeinschaftlich durch Schwefelwasserstoff gefällt, und beide getrennt durch Behandlung mit Einfach-Schwefelnatrium. Das Kupfer wurde elektrolytisch ausgefällt. Das Antimon aus der Schwefelnatriumlösung durch Chlorwasserstoffsäure gefällt, Niederschlag sammt Filter mit rauchender Salpetersäure oxydirt, zur Lösung Chlorwasserstoffsäure zugefügt, nochmals mit Schwefelwasserstoff ausgefällt, des Schwefelantimon auf gewogenes Filter gebracht, ein Theil hiervon im Porzellanschiffchen im Kohlensäurestrome geglüht und als  $Sb_2S_3$  ausgewogen.



## XXXVII. Auszüge.

**1. K. Busz** (in Marburg): **Mittheilungen über Caledonit, Kamarezit, Breithauptit und Magnetkies** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 1, 111—127 mit 3 Holzschnitten).

### 1. Caledonit von Leadhills in Schottland.

Verf. hat durch goniometrische Untersuchung ausgezeichnete Krystalle die Frage zu lösen versucht, ob der Caledonit monoklin oder rhombisch krystallisire. Die Krystallwinkel zeigen grosse Schwankungen, jedoch sind diese Differenzen an den Krystallen von Leadhills ganz unregelmässig und nicht im Sinne des monoklinen Systems; auch die optischen Eigenschaften des Minerals, welche, wie Verf. fand, mit den früheren von Des Cloizeaux übereinstimmen, weisen auf das rhombische System hin. Die geringsten Schwankungen lassen der Prismenwinkel und die Winkel  $(001):(201)$  (nach der Aufstellung von Miller und Kokscharow) erkennen, die an ihnen erhaltenen Werthe wurden daher dem Axenverhältnisse zu Grunde gelegt.

$$a : b : c = 0,91874 : 1 : 1,40407 \text{ (Kokscharow, diese Zeitschr. 9, 56 } 0,91753 : 1 : 1,41322).$$

Beobachtete Formen:  $c = \{001\}0P$ ,  $t^* = \{113\}\frac{1}{3}P$ ,  $s = \{223\}\frac{2}{3}P$ ,  $r = \{111\}P$ ,  $v = \{774\}\frac{7}{4}P$ ,  $o = \{221\}2P$ ,  $m = \{110\}\infty P$ ,  $i = \{012\}\frac{1}{2}\bar{P}\infty$ ,  $k^* = \{023\}\frac{2}{3}\bar{P}\infty$ ,  $e = \{011\}\bar{P}\infty$ ,  $a = \{010\}\infty\bar{P}\infty$ ,  $x = \{201\}2\bar{P}\infty$ .  
Hiervon sind neu  $t = \{113\}\frac{1}{3}P$  und  $k = \{023\}\frac{2}{3}\bar{P}\infty$ .

	Gemessen:	Grenzwerte:	Berechnet:
$(001):(113) = 34^0 42'$		$34^0 35' - 34^0 50'$	$34^0 40\frac{1}{2}'$
$(001):(223) \quad 54 \quad 9$		$53 \quad 53 - 54 \quad 17$	$54 \quad 8\frac{1}{2}$
$(001):(111) \quad 64 \quad 18$		$64 \quad 7 - 64 \quad 29$	$64 \quad 16\frac{1}{2}$
$(001):(774) \quad 74 \quad 20$		$74 \quad 20$	$74 \quad 36\frac{1}{2}$
$(001):(221) \quad 76 \quad 18$		$75 \quad 50 - 76 \quad 55$	$76 \quad 27\frac{1}{2}$
$(113):(11\bar{3}) \quad 110 \quad 32$		$109 \quad 59 - 111 \quad 5$	$110 \quad 39$
$(223):(22\bar{3}) \quad 71 \quad 45$		$71 \quad 39 - 71 \quad 51$	$71 \quad 43$
$(111):(11\bar{1}) \quad 51 \quad 22$		$51 \quad 10 - 51 \quad 41$	$51 \quad 27\frac{1}{2}$
$(774):(77\bar{4}) \quad \text{—}$		$\text{—}$	$30 \quad 47\frac{1}{2}$
$(221):(22\bar{1}) \quad 27 \quad 26$		$27 \quad 6 - 27 \quad 42$	$27 \quad 5\frac{1}{2}$
$(010):(113) \quad 67 \quad 33$		$67 \quad 29 - 67 \quad 45$	$67 \quad 22$
$(010):(223) \quad 56 \quad 41$		$56 \quad 25 - 56 \quad 46$	$56 \quad 44\frac{1}{2}$
$(010):(111) \quad 52 \quad 21$		$52 \quad 4 - 52 \quad 28$	$52 \quad 27$
$(010):(774) \quad \text{—}$		$\text{—}$	$49 \quad 17$

	Gemessen:	Grenzwerte:	Berechnet:
(010):(224)	= 48° 53'	48° 48' — 49° 4'	48° 52½'
(010):(110)	*47 25½	47 22 — 47 33	47 25½
(113):(113)	45 23	45 20 — 45 33	45 16½
(223):(223)	66 34	66 29 — 66 33	66 30½
(111):(111)	75 44	75 4 — 75 20	75 6½
(774):(774)	—	—	81 25½
(224):(224)	*82 7	82 6 — 82 9	82 15½
(110):(110)	*85 9	85 7 — 85 10	85 9
(113):(113)	—	—	59 32
(223):(223)	—	—	73 17½
(111):(111)	—	—	83 7
(774):(774)	—	—	90 28
(224):(224)	94 47	94 40 — 94 23	94 18
(004):(042)	35 43	34 56 — 35 40	35 4
(004):(023)	43 4	42 23 — 43 45	43 6½
(001):(044)	54 36	54 22 — 54 57	54 32½
(001):(201)	*74 53	74 52 — 74 54	74 53
(204):(204)	36 43	36 43	36 44
(224):(024)	44 4	40 58 — 44 44	44 7½
(110):(224)	85 46	85 9 — 85 22	85 17

Die Krystalle sind säulenförmig nach der Brachyaxe, die Flächen der Zone der Brachydomen mit Ausnahme der Basis stark gestreift parallel ihren Combinationskanten. Zwillingsbildung konnte nicht beobachtet werden. Zuweilen tritt die Grundpyramide vorherrschend auf, während die anderen Pyramiden nur schmal ausgebildet sind.

## 2. Kamarezit von Kamareza in Laurium.

Eine chemische Untersuchung des neuen Minerals ergab, dass ihm wahrscheinlich die Formel  $3\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 + 8\text{H}_2\text{O}$  oder  $\text{SO}_4(\text{CuOH})_2 + \text{Cu}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  zu Grunde liegt; es reiht sich somit dem Langit  $\text{SO}_4(\text{CuOH})_2, 2\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}$  und Arnimit  $2\text{SO}_4(\text{CuOH})_2\text{Cu}(\text{OH})_2 + 3\text{H}_2\text{O}$  an.

	I.	II.	III.	IV.	Mittel:	Berechnet:
CuO	51,45	54,97	—	54,09	51,50	54,56
FeO	—	—	0,69	—	0,69	—
SO <sub>3</sub>	47,34	47,60	47,70	47,45	47,52	47,30
H <sub>2</sub> O	—	—	—	—	30,29	34,44

Die Analysen I. und II. wurden von Klingemann ausgeführt. Es gelang nicht trotz mehrfacher Versuche den Wassergehalt direct zu bestimmen, das Wasser entweicht erst in höherer Temperatur, und zwar bei beginnender Rothgluth ungefähr die Hälfte, während der andere Theil sich bei noch höherer Temperatur verflüchtigt, wobei Schwefelsäure entweicht. H. = 3, sp. Gew. = 3,98. Eine Probe im Glasröhrchen erhitzt decrepitiert heftig, giebt erst Wasser, dann Schwefelsäure ab. Vor dem Löthrohre auf Kohle erhält man ein Kupferkorn; löst sich leicht in Ammoniak und Säuren, unlöslich in Wasser. Die mikroskopische Untersuchung der zu einer goniometrischen Messung zu kleinen, grasgrünen Kryställchen liess die rhombische Krystallform als wahrscheinlich erkennen;  $b:c$  wurde angenähert 1:0,604 bestimmt. An den nach (010) flach tafelförmigen Kryställchen treten

noch  $\{101\}$ ,  $\{201\}$  und  $\{100\}$  auf;  $\{010\}$  zeigt starke Streifung im Sinne der Verticalaxe; Spaltbarkeit nach  $\{100\}$ . Ebene der optischen Axen ist  $ac$ , erste Mittellinie  $a$ .

### 3. Ueber den Breithauptit (Antimonnickel).

Eine goniometrische Untersuchung ausgezeichneter Krystalle des Andreasberger Vorkommens, welche in Kalkspath eingewachsen waren, bestätigte nicht die Annahme Groth's (Tabell. Uebers. 3. Aufl., 1889, 17 und 18), dass das Mineral rhomboëdrisch und isomorph mit Millerit sei. [Einen Versuch, diese Frage durch das Studium der Aetzfiguren zu entscheiden, hat Verf. nicht unternommen. D. Ref.] Die Krystalle zeigten die Formen:  $c = \{0001\}0P$ ,  $w = \{30\bar{3}2\}\frac{3}{2}P$ ,  $s = \{70\bar{7}1\}7P$ ,  $a = \{10\bar{1}0\}\infty P$  oder rhomboëdrisch aufgefasst  $c = \{0001\}0R$ ,  $w = \{33\bar{6}4\}\frac{3}{2}P_2$ ,  $s = \{7.7.\bar{1}4.2\}7P_2$ ,  $a = \{11\bar{2}0\}\infty P_2$ . Das Axenverhältniss  $a:c = 1:0,8627$  ist das Mittel der Zahlen, welche sich bei Berechnung aus den Winkeln

$$(0001):(30\bar{3}2) = 56^\circ 10' 40'' \text{ (Mittel aus 11 Mess.)}, \text{ Grenzw. } 55^\circ 51' - 56^\circ 30' \\ (3032):(30\bar{3}2) = 49 \quad 7 \quad 20 \quad ( \quad - \quad - \quad 9 \quad - \quad ); \quad - \quad 48 \quad 41 - 49 \quad 15$$

ergeben. Breithaupt hatte  $a:c = 1:0,9962$  gefunden!

	Gemessen:	Berechnet:	Breithaupt:
$(0001):(10\bar{1}2) =$	—	$26^\circ 28\frac{1}{2}'$	$26^\circ 22'$
$(10\bar{1}2):(01\bar{1}2) =$	—	$25 \quad 45\frac{1}{2}$	—
$(10\bar{1}2):(\bar{1}102) =$	—	$45 \quad 25\frac{1}{2}$	—
$(30\bar{3}2):(\bar{3}302) =$	$92^\circ 82'$	$92 \quad 4$	—
$(0001):(70\bar{7}1) =$	$81 \quad 38\frac{1}{2}$	$81 \quad 50$	—
$(70\bar{7}1):(07\bar{7}1) =$	—	$59 \quad 18$	—

Auch ein Zwillingkrystall wurde beobachtet, Zwillings- und Verwachsungsebene ist  $\{30\bar{3}2\}$ , die Individuen zeigen die Comb.  $\{0001\}$ ,  $\{30\bar{3}2\}$ . Die beiden an der Zwillingsgrenze zusammenstossenden Flächen  $w_1$  und  $w_1'$  bilden einen einspringenden Winkel von  $44^\circ 50'$ , die Flächen  $w_2$  und  $w_2'$  einen solchen von  $40^\circ 7\frac{1}{2}'$  (gemessen  $30^\circ 57'$ ).

### 4. Magnetkies von Andreasberg.

Verf. beobachtete an ausgezeichneten Krystallen von Andreasberg, welche sich zusammen mit Kalkspath fanden, neben  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{0001\}$  die neue Form  $\{10\bar{1}4\}\frac{1}{4}P$ . Das von Seligmann an den Krystallen von den Cyclopiniseln (diese Zeitschr. 11, 346) gefundene Axenverhältniss  $a:c = 1:1,65022$  hält Verf. für das wahrscheinlichste und macht darauf aufmerksam, dass die meisten der am Magnetkies angestellten Messungen, auch die von G. Rose (Pogg. Ann. 1825, 4, 180) nur approximativ gewesen sind. Auf das angegebene Axenverhältniss bezogen würde die von Dana (Amer. Journ. of Sc. 1876, 11, 386) am Magnetkies von Elisabethtown, Ontario, bestimmte Pyramide  $\{10.0.10.3\}$  das einfachere Symbol  $\{70\bar{7}2\}$  annehmen (bei Dana ist die Form als  $\{20.0.\bar{2}0.3\}$  bezeichnet, da  $\{10\bar{1}2\}$  bei ihm Grundform ist). Die am Magnetkies beobachteten Formen sind:  $o = \{0001\}0P$ ,  $a = \{10\bar{1}0\}\infty P$ ,  $b = \{11\bar{2}0\}\infty P_2$ ,  $t = \{10\bar{1}4\}\frac{1}{4}P$ ,  $x = \{10\bar{1}2\}\frac{1}{2}P$ ,  $z = \{10\bar{1}1\}P$ ,  $u = \{20\bar{2}1\}2P$ ,  $\{30\bar{3}1\}3P$ ,  $\{11\bar{2}2\}P_2$ ,  $\{11\bar{2}4\}\frac{1}{2}P_2$ . Die wichtigsten Winkel für das Axenverhältniss  $a:c = 1:1,65022$ , berechnet sind (A = Neigung zur Basis, B = Seitenkanten, C = Polkanten):

	A.	B.	C.
$\{10\bar{1}4\}$	$= 25^{\circ} 28\frac{1}{2}'$	$42^{\circ} 3\frac{1}{2}'$	$24^{\circ} 50'$
$\{10\bar{1}2\}$	43 37	92 46 $\frac{1}{2}$	40 24
$\{10\bar{1}1\}$	62 18 $\frac{1}{2}$	55 23	52 33 $\frac{1}{2}$
$\{20\bar{2}1\}$	75 18	29 23 $\frac{1}{2}$	57 50 $\frac{1}{2}$
$\{30\bar{3}1\}$	80 4 $\frac{1}{2}$	19 50 $\frac{1}{2}$	59 0 $\frac{1}{2}$
$\{70\bar{7}2\}$	80 38	18 44	59 8
$\{11\bar{2}2\}$	58 47	62 26	50 38
$\{11\bar{2}4\}$	39 34 $\frac{1}{2}$	100 57	37 6 $\frac{1}{2}$

Die von Streng (diese Zeitschr. 4, 324) am Magnetkies von Chañarcillo und Kongsberg gemessenen Werthe stimmen mit keinem aus dem oben angegebenen Axenverhältnisse berechneten Winkel überein [worauf bereits Seligmann hingewiesen hat. D. Ref.]. Die Neigung der Pyramide zum Prisma von  $61^{\circ}$  vom ersten Fundorte und von  $24^{\circ} 4'$  von letzterem, würden auf das Seligmann'sche Axenverhältniss bezogen zu neuen Formen führen. Sie können als Pyramiden erster oder zweiter Ordnung aufgefasst werden, die einfachsten Symbole wären  $\{11\bar{2}6\}\frac{1}{3}P2$  und  $\{22\bar{4}3\}\frac{4}{3}P2$ . Diese Formen sind aber wohl noch ebenso zweifelhaft, wie die von Achiardi (diese Zeitschr. 1, 88) angegebene flache Pyramide am Magnetkies von Bottino, deren Neigung zur Basis ungefähr  $10^{\circ}$  beträgt, sie würde auf das Symbol  $\{1.0.\bar{1}.10\}\frac{1}{10}P$  zu beziehen sein.

	Berechnet:	Streng gemessen:
$(11\bar{2}0):(11\bar{2}6)$	$= 61^{\circ} 11'$	$60^{\circ} 0' - 62^{\circ} 0'$
$(11\bar{2}6):(2\bar{1}\bar{1}6)$	27 53 $\frac{1}{2}$	27 30 — 29 20
$(11\bar{2}0):(22\bar{4}3)$	24 26 $\frac{1}{2}$	23 48 — 24 23
$(0001):(1.0.\bar{1}.10)$	40 47 $\frac{1}{2}$	40 0 Achiardi.

Ref.: H. Traube.

## 2. B. Doss (in Riga): Ueber Pseudomorphosen von Anatas nach Titanit im Syenit des Plauen'schen Grundes (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 1, 128—138 m. 4 Tafel).

Im zersetzten Syenit am rechten Ufer der Weisseritz hinter der Garnisonmühle fanden sich an Stelle von Titanitkrystallen ein mehr oder minder locker verbundenes Haufwerk gelber, diamantglänzender, bis 0,2 mm grosser Anatskryställchen. Dieselben sind tafelförmig nach der Basis mit pyramidalen Zuschärfung, an einem Individuum konnte durch mikroskopische Winkelmessung die bisher noch nicht beobachtete Pyramide  $\{334\}$  nachgewiesen werden (Randkantenwinkel gem.  $56\frac{1}{2}^{\circ}$ , berechn.  $55^{\circ} 52'$ ). Auch Calcit nimmt stellenweise an dem Aufbau der Pseudomorphosen Theil, manche Anatskryställchen sind in dieses Mineral eingebettet. Zusammen mit dem Anatas fanden sich, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, auch opake Erzkörnchen, welche keine Titansäure enthielten. Verf. schliesst hieraus, dass nicht allein eine Pseudomorphosenbildung von Anatas nach Titanit stattgefunden hat, sondern dass die Titansäure auch, wenngleich nur in sehr untergeordnetem Maasse, gewandert ist, um anderwärts in Anlehnung an Magnetit als Anatas zu krystallisiren. Dass Anatas sich aus Titanit gebildet hat, ist vorher nur einmal von Thürach (diese Zeitschr. 11, 419) nachgewiesen worden; die Angaben von Diller (diese Zeitschr. 9, 569) und von Hamburg (diese Zeitschr. 15, 430) sind nicht beweisend.

Ref.: H. Traube.



**3. A. Bergeat** (in Freiberg i. S.): Ueber einige bemerkenswerthe Rutilvorkommnisse aus der Umgebung Freibergs (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 1, 232—251, mit 4 Tafel und 5 Holzschnitten).

a) Vorkommnisse im Hospitalwalde.

Verf. beschreibt zwei Rutileinschlüsse in Quarzitblöcken, welche der NW.-Ecke des Hospitalwaldes entstammten. Der Rutil ist nicht unmittelbar in den Quarz eingebettet, sondern in dem einen Falle umgeben von einer licht graubraunen, glanzlosen Hülle,  $H. = 6,5$ , im anderen von einer theils ockergelben, theils blaugrauen erdigen Substanz. Eine mikroskopische und chemische Untersuchung ergab, dass die Rindensubstanz aus zum Theil bereits zersetztem Titanit besteht, welcher bei dem zweiten Stücke Anatas als weitere Neubildung enthält. Verf. ist geneigt, den Titanit nicht für ein Verwitterungsproduct des Rutils, sondern als primäre Bildung anzusprechen, besonders weil der Rutil gegen die Rindensubstanz scharf abgegrenzt ist. Die Zersetzung des Titanits verläuft in der früher von P. Groth (N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1866, 51) angegebenen Weise.

b) Einschlüsse im Hornblendegneiss der Grube Himmelsfürst.

Die Einschlüsse besitzen die grösste Aehnlichkeit mit dem bekannten von Lasaulx (diese Zeitschr. 8, 324) beschriebenen Vorkommen von Lampersdorf in Schlesien, sie unterscheiden sich aber von diesen durch eine Glimmerhülle, welche das Ganze als eng anschliessenden Mantel umgiebt. Es sind langgestreckte, etwas flache, nach beiden Enden an Dicke verlierende Einsprenglinge. Der Rutilkern liegt excentrisch in einer Umhüllung von braunrothem, mattglänzendem Titanit, dessen Masse die seine bedeutend übertrifft. Eine Titaneisenzone war mit unbewaffnetem Auge nur schwierig wahrzunehmen. Auch hier kommt Verf. im Gegensatz zu den Untersuchungen Lasaulx's zu dem Schlusse, dass für eine Umwandlung des Rutils in Titaneisen jeder Beweis fehle und die Verwachsung des Rutils mit Titaneisen als eine primäre aufzufassen sei; so ist niemals ein Anzeichen einer Volumenänderung wahrzunehmen, die doch sicherlich eingetreten wäre, wenn der Rutil sich unter Aufnahme von Kalk und Kieselsäure in den viel leichteren Titanit verwandelt hätte.

Die hier beschriebenen Einschlüsse fasst Verf. als concretionäre Bildungen auf, die den sogenannten »Augen« der Gneisse entsprechen sollen.

Ref.: H. Traube.

**4. O. Mügge** (in Münster i. W.): Ueber regelmässige Verwachsungen von Barytocalcit und Witherit mit einer besonderen Varietät des Baryt (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 1, 252—265 m. 4 Tafel).

1. Regelmässige Verwachsung von Barytocalcit mit Baryt.

An den bekannten Pseudomorphosen von Baryt nach Barytocalcit von Alston Moor beobachtete Verf. eine regelmässige Verwachsung dieser beiden Mineralien. Die Barytblättchen haben die Form  $\{001\}0P$ ,  $\{110\}\infty P$  mit wenig ebenen Flächen und sind etwas fächerförmig um die Axe  $b$  gruppiert. Der Barytocalcit hat die Formen  $\{100\}\infty P\infty$ ,  $\{110\}\infty P$ ,  $\{121\}2R2$ , und ein  $\{010\}\infty R\infty$  nahe liegendes  $mRm$ , etwa  $\{167\}6R6$ , letzteres weit vorherrschend. Die Spaltfläche  $\{001\}$  des Baryts liegt parallel der Spaltfläche  $\{001\}$  des Barytocalcits, die Makroaxe des ersteren parallel der Orthoaxe des letzteren. Die Orientirung der Barytblättchen ist überall dieselbe, gleichgültig, auf welcher Fläche des Barytocalcits

sie aufgewachsen sind; der ebene Winkel von  $104^{\circ}34'$ , den die Spaltflächen  $\{110\}$  des Barytocalcit in der Basis desselben bilden, ist dem des Spaltungsprismas des Baryts von  $101^{\circ}38'$  ziemlich ähnlich.

## 2. Regelmässige Verwachsung von Witherit mit Baryt.

Diese Verwachsung ist viel seltener, als die zuerst beschriebene. Bei ihr haben die Barytkrystalle die Form wie bei 1., die bis centimetergrossen Witherite sind die gewöhnlichen pseudohexagonalen Combinationen von  $\{021\}$  (vorherrschend),  $\{111\}$ ; die Spitzen sind meist abgebrochen.

Da die Flächen der Witherite nicht mehr spiegeln, konnte die Feststellung der Lage der Barytblättchen nur mit Hülfe von am Witherit angespaltenen Flächen geschehen. Für den Vergleich der berechneten und gemessenen Winkel wurde der Witherit als hexagonal mit dem Axenverhältnisse  $b:c = 1:0,7302$  krystallisirend angenommen. Nach den Beobachtungen des Verfs. besitzt der Witherit die vollkommenste Spaltbarkeit nach  $\{010\}$ , eine etwas weniger leichte nach  $\{011\}$ , nicht wie Dana angiebt nach  $\{012\}$  und Des Cloizeaux nach  $\{021\}$ ; wahrscheinlich ist auch eine solche nach  $\{110\}$  und nach  $\{112\}$  vorhanden.

Die Verwachsung geschieht folgendermaassen: die Axe  $b$  des Baryt liegt parallel  $a$  des Witherit [ $(010)$  B.,  $\parallel (100)$  W.];  $\{001\}$  des B. ist gegen  $\{010\}$  des W. unter  $15^{\circ}44'$  geneigt, eine Fläche von  $\{102\}$  des B. wird parallel einer Spaltfläche von  $\{011\}$  des W., während gleichzeitig die andere Fläche desselben Makrodomas einer Fläche von  $\{031\}$  am W. parallel liegt.  $\{001\}$  des B. kann sowohl nach der einen, als nach der anderen Seite von  $\{100\}$  des W. neigen; beide Möglichkeiten wurden an jedem Krystalle beobachtet. In jedem der durch  $\{010\}$  und  $\{001\}$  des Witherit bestimmten Quadranten ist die Orientirung der Barytblättchen die gleiche, in den verschiedenen Quadranten aber symmetrisch nach den genannten Ebenen, und zwar sowohl der auf  $\{021\}$ , wie auf  $\{111\}$  aufgewachsenen. Die meisten Krystalle des Witherit sind verzwilligt. An einem Drillingskrystalle erscheint die Orientirung der Barytblättchen in je zwei gegenüberliegenden Sextanten der scheinbar hexagonalen Pyramide symmetrisch in Bezug auf  $\{010\}$  des Witherits; auch auf den unteren Flächen von  $\{021\}$  des W. ist der B.-Ueberzug nicht parallel dem oberen, sondern symmetrisch zu ihm in Bezug auf  $\{001\}$  orientirt. Auf Zwillinglamellen, welche die Witheritkrystalle so vielfach durchsetzen, scheinen die Barytblättchen, gleichgültig, ob sie auf  $\{021\}$  oder auf  $\{111\}$  aufgewachsen sind, mit grosser Genauigkeit der Orientirung des W. zu folgen. Die Tabelle giebt eine Uebersicht der zwischen den Spaltflächen des Witherit und den Flächen des Baryt gemessenen Winkel. Die Messungen beziehen sich alle auf das obere Ende der Krystalle, deren Sextanten bei Zwillingen mit I, II u. s. w. bezeichnet sind. Den berechneten Winkeln liegt die Neigung von  $\{1\bar{1}0\}$  des B. im Quadranten rechts oben zu  $\{110\}$  des B. im Quadranten links oben von  $25^{\circ}6'$  zu Grunde. Nach den mikroskopischen Beobachtungen und Messungen wurde angenommen, dass am B. nicht  $\{110\}$ , sondern ein vicinales Prisma  $\{hk0\}$  mit  $74^{\circ}54'$  vorderem Kantenwinkel auftritt (in der Tabelle als  $\{110\}$  bezeichnet).

Baryt:	Witherit:	Berechnet:	Gemessen:
(001) III	(010) III	$15^{\circ}44\frac{1}{2}'$	$10^{\circ}36' - 13^{\circ}44'$
(110) II	(011) I	7 50	8 29
(110) V	(010) III	77 27	78 12
(110) I	(010) VI	$102\ 0\frac{1}{2}$	$104\ 6 - 105\ 35$
(110) IV	(010) VI	$114\ 59\frac{1}{2}$	$113\ 55 - 119\ 49$

Baryt:	Witherit:	Berechnet:	Gemessen:
(110) II	(040) VI	129° 54'	129° 38' — 129° 59'
(001) I	(040) II	61 9	59 58 — 60 34
(110) III	(040) II	65 01½	65 50 — 67 46
(110) I	(040) II	52 33½	52 35
(110) III	(110) II	14 13½	7 37

Besonders auffällig erscheint bei der Verwachsung, dass der Baryt in zwei verschiedenen Orientirungen auf demselben einfachen Witheritkrystalle auftritt. Bei den übereinstimmenden Symmetrieeigenschaften beider Mineralien wäre eine Verwachsung mit parallelen Symmetrieelementen zu erwarten gewesen, da dann auch die Hauptspaltflächen {010} des W. und {001} des B. zur Deckung gekommen wären. Ebenso ist es bemerkenswerth, dass die beiden möglichen Orientirungen der Barytblättchen nicht auf allen Krystallflächen des W. gleichzeitig promiscue erscheinen, sondern dass ganz bestimmte Grenzen zwischen beiden existiren. Diese Vertheilung kann offenbar nur durch Oberflächenkräfte bewirkt sein. Verf. möchte diese Erscheinung durch die Annahme erklären, dass bei der Pseudomorphosirung der Witherite durch schwefelsaure Lösungen zunächst Aetzfiguren entstanden, deren Aetzflächen als Anwachsflächen für den entstehenden Baryt dienten, der sich so orientirte, dass die Symmetrie der geätzten Fläche durch ihn nicht gestört wurde. Versuche, diese Ueberwachsung künstlich zu veranlassen, hatten keinen Erfolg.

### 3. Ueber eine eigenthümliche Barytvariätät.

An den in 1. beschriebenen Barytkrystallen von Alston Moor und einigen von unbekanntem Fundorte beobachtete Verf. einen auffallend schaligen Aufbau. Die bis centimetergrossen, ziemlich trüben Baryte zeigen {001}  $0P$ , {110}  $\infty P$ , {102}  $\frac{1}{2}P\infty$ ; genaue Messungen sind nicht möglich, da die Krystalle stets etwas fächerförmig um die Axe  $b$  gruppiert sind. Die Basis ist fast stets gewölbt durch vicinale Makrodomen, {110} ebenso durch vicinale {hko}. Häufig sind zwei im Grossen einfach erscheinende Krystalle nach Art monokliner Zwillinge gruppiert ( $\bar{1}10$ ):( $\bar{1}10$ ) ca.  $2\frac{1}{2}^\circ$ , Verwachsungsebene nicht genau ein flaches Makrodoma. Begleitet ist der Baryt von 0,5 cm grossen Kalkspathkrystallen der Comb.  $\alpha\{01\bar{1}2\} - \frac{1}{2}R$ ,  $\alpha\{0001\}OR$ ,  $\alpha\{10\bar{1}0\}\infty R$ . Der schalige Aufbau giebt sich unter dem Mikroskope zwischen gekreuzten Nicols zu erkennen. Blättchen parallel {001} erscheinen aufgebaut aus zahllosen Schichten concentrisch zum Umriss, welche, obwohl jede in sich optisch ganz oder nahezu homogen, in der Stärke der Doppelbrechung sehr verschieden sind, und in ganz unregelmässiger Reihenfolge bisweilen alle Interferenzfarben vom Roth bis zum Blaugrün erster Ordnung zeigen. Alle Zonen löschen mindestens nahezu gleichzeitig aus. Es wurden a) an der am stärksten doppeltbrechenden Stelle, b) für die vorherrschenden Zonen, c) für die am schwächsten doppeltbrechende Stelle die Stärke der Doppelbrechung ( $\gamma - \beta$ ) mittels des Babinet'schen Compensators bestimmt.

	a.	b.	c.
I.	0,0088	0,0073	0,0048
II.	0,0104	0,0044	0,0008
III.	0,0147	0,0036	0,0010

Der Axenwinkel schwankt in seiner Grösse und ist meist kleiner als beim normalen Baryt. Schlitze nach {010} zeigen weit stärkere Unterschiede in der Auslöschung, bis zu  $23^\circ$ . Die Grenzen der optischen Felder verlaufen meist ge-



nau oder annähernd genau parallel  $\epsilon$  oder  $\tilde{\alpha}$ ; der Aufbau erinnert an etwas unregelmässige Zonarstructur, öfter auch an die Mörtelstructur mancher Gesteinsgemengtheile. Die Stärke der Doppelbrechung schwankt gleichfalls etwas. Statt  $\gamma - \alpha = 0,04486$  wurde gemessen I. 0,00673, 0,00637; II. 0,00972, 0,00687, 0,00498; III. 0,00783, 0,00711.

Schliffe nach {100} lassen ähnliche Schwankungen in der Auslöschungsrichtung erkennen. Die Grenzen der Felder verlaufen meist parallel  $\epsilon$  und  $\tilde{b}$  oder sind unter spitzem Winkel zu letzterem geneigt, die Anordnung ist meist rahmenartig. Stärke der Doppelbrechung sehr schwankend, statt  $\beta - \alpha = 0,00403$  wurde erhalten 0,00234, 0,00497, 0,00097; der Axenwinkel ist meist grösser als am normalen Baryt, eine Mittellinie ist bisweilen deutlich schief zu {100}. In Schliffen nach {140} wurde gefunden für  $\beta - \alpha =$  I. 0,0034, 0,0029, 0,0036; II. 0,0035, 0,0036, 0,0058, 0,0044, 0,0032. Die Auslöschungsdifferenzen der einzelnen Zonen steigen bis über  $20^\circ$ , während die Neigung der Spaltrisse nach der Basis in denselben Theilen nicht mehr als  $6^\circ$  beträgt.

Der Baryt besteht also aus Anwachszonen, die im Allgemeinen den Krystallflächen conform verlaufen, nämlich || {140}, {004} und einem flachen Makrodoma. Es gelang nicht, die Ursache des eigenthümlichen optischen Verhaltens zu ermitteln, chemisch verhielt sich dieser Baryt wie der normale, auch die Aetzfiguren sind die gewöhnlichen; spec. Gew. = 4,448. Ref.: H. Traube.

**5. O. Mügge** (in Münster i. W.): **Zur Kenntniss der optischen Eigenschaften des Syngenit** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 1, 266—274 mit 2 Figuren).

Verf. untersuchte, ob der Syngenit, der bekanntlich durch eine starke Dispersion der optischen Axen (Tschermak, Min. Mitth. 1872, 497; Rumpf bei Zepharovich, Sitz.-Ber. Akad. Wien. 67, I, 428) ausgezeichnet ist, auch eine Veränderlichkeit des optischen Axenwinkels mit der Temperatur zeigt, wie in dieser Beziehung ähnliche Mineralien. Eine Prüfung von natürlichen nach {100} tafelförmigen Krystallen ergab, dass Blättchen, schon lange ehe sie anfangen sich durch Wasserverlust bei  $245^\circ$ — $250^\circ$  zu trüben, für die verschiedenen Farben nach einander einaxig und dann wieder zweiaxig mit symmetrischer Axenlage werden. Die in der nachstehenden Tabelle zusammengestellten Werthe beziehen sich auf die Na- und Li-Flamme und des durch eine Lösung von Cuprammoniumsulfat gegangene Licht einer Auer'schen Glühlampe.

Cu		Na		Li	
$t$	$2E$	$t$	$2E$	$t$	$2E$
6,7 <sup>0</sup>	48 <sup>0</sup> 58'	6,9 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup> 34'	5,7 <sup>0</sup>	43 <sup>0</sup> 16'
15,4	48 38	20,4	44 42	20,8	44 26
22,0	47 55	23,4	44 29	48,2	37 42
47,2	45 2	44,4	41 34	58,4	35 42
56,3	43 44	55,9	40 8	74,9	33 44
76,5	40 33	78,7	36 22	94,3	28 6
95,0	37 43	96,5	34 53	113,5	22 24
114,8	32 39	113,3	27 44	128,6	16 55
127	30 6	130,0	22 4	140,5	14 15
144,3	24 50	142,5	18 37	143,0	0 0
156,2	19 46	144,7	16 42	153,8	15 45
172,7	12 45	152,5	11 57	168,4	20 57



Cu		Na		Li	
<i>t</i>	2 <i>E</i>	<i>t</i>	2 <i>E</i>	<i>t</i>	2 <i>E</i>
181,6 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup> 0'	153,6 <sup>0</sup>	44 <sup>0</sup> 43'	173,7 <sup>0</sup>	22 <sup>0</sup> 38'
183,6	11 40	155,0	10 14	184,9	27 2
185,2	12 32	157,7	9 42	204,2	34 55
198,9	19 17	160,1	0 0	222,3	35 32
219,4	26 34	173,4	15 8		
		184,6	24 8		
		202,7	27 33		
		223,9	32 46		

Die Abnahme der Grösse des Axenwinkels von Anfang an ist eine merklich beschleunigte, in der Nähe der Temperatur, bei der Einaxigkeit eintritt, ist die Beschleunigung sehr gross, die Dispersion steigt dabei, ihr Maximum beträgt in dem Moment, in dem der Krystall für Na-Licht einaxig wird, 36°. Eine merkliche Aenderung in der Lage der Elasticitätsachsen findet nicht statt. Dauernde Veränderungen in der Grösse des optischen Axenwinkels, auch an mehrfach auf 230° erhitzten Krystallen, wurden nicht beobachtet. An einem von (001) und (100) gebildeten natürlichen Prisma, dessen brechender Winkel 75° 59' 50" betrug, fand Verf. für den grössten Brechungsexponenten  $\gamma$ :

Roth des Auer'schen Glühlichtes = 1,5158

Na-Licht = 1,5181

Blau des Auer'schen Glühlichtes = 1,5248

Der von Rumpf (l. c.) angegebene Werth 1,55 ist zu hoch. Der Syngenit besitzt ausser der Spaltbarkeit nach {110} und {100} auch noch eine solche nach {040}, ferner muschligen Bruch nach nicht näher bestimmbar domatischen Flächen. Die genannten Spaltungen bewirken, dass Blättchen || (100) in der Richtung der Axe *c* viel leichter geritzt werden (unter Abscheidung von viel Pulver), als senkrecht dazu (fast ohne Pulver, aber mit geringer Aufblätterung).

Ref.: H. Traube.

**6. Fr. Gräff** (in Freiburg i. B.): **Zur Kenntniss des Prehnit und Datolith vom Fuchsköpfe bei Freiburg i. B.** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 1, 277—279).

Verf. beschreibt Prehnit- und Datolithkrystalle dieses Fundortes, über die bereits H. Fischer (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1860, 796, und 1862, 432) Mittheilung gemacht hatte. Die wasserhellen, nach der Basis dünntafeligen, 0,5 mm breiten Prehnite zeigen die Comb. {001}  $OP$ , {100}  $\infty \bar{P}\infty$ , {010}  $\infty \bar{P}\infty$ , {110}  $\infty P$ . An den Originalstücken Fischer's tritt nicht, wie von Diesem angegeben wird, {010}, sondern {100} auf; spec. Gew. 2,903.

Am Datolith bestimmte Verf. durch Messung  $a = \{100\} \infty P\infty$ ,  $g = \{110\} \infty P$ ,  $m = \{120\} \infty P_2$ ,  $\varepsilon = \{\bar{1}11\} P$ ,  $\lambda = \{322\} \frac{3}{2} P_2$ ,  $n = \{122\} - P_2$ ,  $q = \{113\} - \frac{1}{3} P$ . In ihrer Ausbildung erinnern die Krystalle an das Andreasberger Vorkommen; spec. Gew. = 2,936.

Ref.: H. Traube.

**7. M. Bauer** (in Marburg i. H.): **Durchsichtiger blauer Spinell von Ceylon** (Ebenda, 281—283).

Die Krystalle zeigen Oktaëder und Dodekaëder, und zwar ist bald {111}, bald {110} vorherrschend. Auf {110} findet sich eine Streifung || (111):(110).

Auf den Flächen wurden bisweilen rundliche, von glänzenden, krummen Flächen begrenzte Eindrücke beobachtet, wie sie häufig an Contactmineralien, insbesondere am Spinell, vorkommen. Daher stammen diese Spinelle wohl ebenfalls aus einer Contactzone im Kalk; spec. Gew. = 3,623. Im durchfallenden Lichte sind die Krystalle nicht sehr dunkelblau, im auffallenden fast schwarz. An einem geschliffenen Steine, bei dem zwei Facetten in einem Falle einen Winkel von  $24^{\circ}9'$ , im anderen von  $25^{\circ}26\frac{1}{2}'$  einschlossen, wurden die Brechungsexponenten durch Prismenbeobachtung bestimmt:

Roth	$n = 4,7174$	$n = 4,7206$	} bestimmt von Busz.
Gelb	$= 4,7204$	$= 4,7257$	
Grün	$= 4,7240$	$= 4,7323$	
Blau	$= 4,7272$		

Ref.: H. Traube.

**8. Kleefeld** (in Görlitz): **Fluorescirende Opale** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, 2, 146—147).

**A. Wichmann** (in Utrecht): **Ueber die angebliche Fluorescenz des Edelopals** (Ebenda, 253—254).

Die von Kleefeld mitgetheilte Beobachtung, dass einige Edelopale von Eperies im auffallenden Lichte eine andere Farbe zeigen, als im durchfallenden, ist, wie Wichmann anführt, bereits in Hoffmann, Lehrbuch der Mineralogie, 2. Abth. I., 1842, 136, zu finden. Weiterhin berichtigt Wichmann unter Berufung auf die Untersuchungen von Brücke (Sitz.-Ber. Wien. Akad. Wiss., math.-naturw. Cl. 1852, 9, 530) und von Haidinger (Ebenda 1852, 8, 118) die Auffassung Kleefeld's, dass jene Erscheinung als Fluorescenz zu deuten sei. Lässt man nach der von Brewster (Phil. Mag. 1848, 32, 403) angegebenen Methode auf den Opal von Bulla Creek, Queensland, der im reflectirten Lichte tiefblau ist, einen Lichtkegel fallen, so erscheint er gelb, wie im durchfallenden Lichte, zeigt also keine Fluorescenz, ebensowenig bei Versuchen nach der Methode von Stokes (Pogg. Ann. 1855, 96, 529). Wurde endlich ein Spectrum auf eine Platte dieses Opals geworfen, so konnte keine Veränderung desselben am violetten Ende beobachtet werden.

Ref.: H. Traube.

**9. E. Philippi** (in Strassburg i. Els.): **Zwillingslamellirung am Schwerspath von Primaluna** (Ebenda 1895, 2, 202—203).

Am Nordabhange des Grigna-Massivs zwischen Cortabbio und Primaluna setzen im Seervino mehrere Gänge von derbem Schwerspath auf. An einigen Stücken, welche auf {001} (Spaltflächen) eine Streifung im Sinne der Makroaxe zeigten, wurde durch Untersuchung von Schliffen nach {010} eine Zwillingslamellirung nach {604} nachgewiesen, wie sie schon von Breithaupt (Mineral. Stud., Leipzig 1866, 21), Bauer (diese Zeitschr. 14, 490), Scheibe (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1892, 41, 563), Eck (diese Zeitschr. 24, 196) angegeben wurde. In solchen Schliffen differirt die Auslöschung der Zwillingslamellen gegen die des Hauptkrystalles um  $12^{\circ}$ . Die Zwillingslamellen erscheinen viel feiner, als die von Bauer beobachteten und sind nur auf einige Stellen beschränkt; auch sind sie nur nach einer Fläche von {604} verwachsen, ein Zwillingsaufbau nach der symmetrischen Gegenfläche konnte hier nicht wahrgenommen werden. Zuweilen ist auch eine Knickung parallel der Brachydiagonalen zu beobachten, die aber nicht auf eine Zwillingsbildung nach einem Brachydoma zurückzuführen ist.

Ref.: H. Traube.

**10. G. Halle** (in Rixdorf bei Berlin): **Neues vervollständigtes Dichroskop** (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1895, **2**, 247—248 mit 2 Figuren).

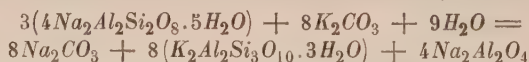
Die bekannte Haidinger'sche Lupe ist in der Weise umgeändert, dass anstatt der quadratischen, bei einer Prismenlänge von 29 mm etwa 2,5 mm grossen Oeffnung an der Bodenplatte der Prismenfassung ein Rechteck von 2,5 : 5 mm Seitenlänge angebracht ist. Durch das Prisma betrachtet erscheint diese Oeffnung bei 6—7facher Vergrösserung dem normalen Auge als ein Quadrat von reichlich 30 qmm. An Stelle der Objectkappe ist ein aus Aluminium hergestellter, mit Federklammern versehener, drehbarer Objecttisch hinzugefügt, ebenso noch ein von  $5^0$  zu  $5^0$  getheilter Ring mit dem Prismenrohre verbunden, um die Winkelwerthe der stärksten Farbenunterschiede annähernd zu bestimmen.

Ref.: H. Traube.

**11. S. J. Thugutt** (in Dorpat): **Zur Chemie einiger Alumosilicate** (Ebenda Beil.-Bd. **9**, 554—624).

Verf. hat sich die sehr interessante Aufgabe gestellt, zu untersuchen, ob die Gesamthtonerde in einem Alumosilicat (speciell Nephelin, Sodalith, Kaolin, Sanidin, Natrolith, Leucit, Analcim) in ihrem Verhalten gegen chemische Agentien Unterschiede aufweise. Die sehr feingepulverten Mineralien (0,004 mm Korngrösse) wurden zu diesem Zwecke in einem Digestor (diese Zeitschr. **23**, 298; Zeitschr. f. anorg. Chem. 1892, **2**, 65) mit destillirtem Wasser,  $2\frac{0}{10}$ iger wässriger Kalium-, Natriumcarbonat-, Kaliumchlorid-, Calciumchlorid- oder Kalihydrat-Lösung längere Zeit behandelt.

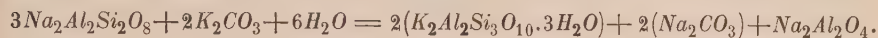
Natronnephelinhydrat (über die Nomenclatur vergl. das Referat von Weinschenk, diese Zeitschr. **23**, 298)  $4Na_2Al_2Si_2O_8 + 5H_2O$ ; 5 g dieser Verbindung wurden mit 500 ccm zweiprocentiger wässriger Kaliumcarbonatlösung in der angegebenen Weise 204 Stunden auf  $186^0$ — $202^0$ C. erhitzt. Hierbei ging der dritte Theil 0,5289 g der Thonerde als Natriumaluminat in Lösung, während sich Kaliumnatrolith (Globulite und einige winzige Nadelchen) nach der Gleichung:



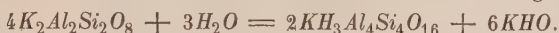
bildete. Entsprechend dieser Reaction hat das Natronnephelinhydrat im Minimum ein dreimal so grosses Molekulargewicht, als der empirischen Formel entspricht und wird in Natrolith und Natriumaluminat gespalten. Diese Spaltung gelang in einem Versuche direct ohne Mitwirkung von Kalisalzen, wobei sich etwas »Nakrit« bildete <sup>1)</sup>.

1) Anm. d. Ref. Die Behauptung des Verfs., aus chemischen Reactionen, wie den angeführten Gleichungen, liesse sich das Minimum des Molekulargewichtes wohl eruiren, ist unzutreffend; alle aus derartigen Gleichungen gezogenen Schlussfolgerungen des Verfs. sind zu beanstanden. Auch seine Annahme, dass die bei diesem Processe aus dem Natronnephelinhydrat erhaltenen Körper Natrolith und Natronaluminat als Spaltungsproducte zu betrachten seien und sich als solche an der Constitution dieser Verbindung direct betheiligen, ist nicht ohne Weiteres zulässig. Denn die Wahrscheinlichkeit, dass sich bei der Einwirkung von Wasser oder Kaliumcarbonatlösung  $Al_2O_3$  und  $SiO_2$  amorph abscheiden und dann erst durch den starken Druck in der Kali- und Natron-haltigen Flüssigkeit gelöst werden und als »Natrolith« u. s. w. auskrystallisiren, ist mindestens ebenso gross. Man darf doch auch nicht ein natürliches Zersetzungsproduct eines Minerals ohne weiteres als einen unverändert ausgeschiedenen ursprünglichen Bestandtheil ansprechen. Aus einer Lösung gemischter Stoffe scheidet sich bekanntlich von den möglichen Verbindungen immer die unter gegebenen Verhältnissen

Natronanorthit  $Na_2Al_2Si_2O_8$  krystallisirt aus der Schmelze des entwässerten Natronnephelinhydrats, in ähnlicher Weise wie dieses behandelt zerfällt es in Natriumaluminat und Kalinatrolith:

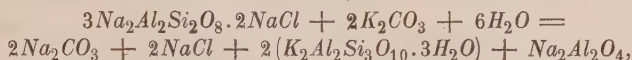


Kalinephelin und die Glimmergruppe. Kalinephelin  $K_2Al_2Si_2O_8$  (künstlich dargestellt) mit destillirtem Wasser behandelt wird in ein Kaliglimmer-ähnliches, in Säuren schwer lösliches Product und freies Alkali gespalten:

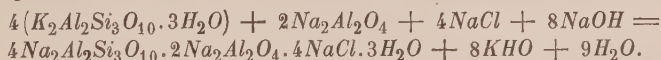


Hiernach und auf Grund der Uebereinstimmung der empirischen Formel des Kaliglimmers und Kalinephelins wird vermuthet, dass beide Mineralien gleich constituirt seien, nämlich:  $K_2H_2Al_4Si_6O_{20} \cdot H_2Al_2O_4$  und  $2K_2Al_2Si_3O_{10} \cdot K_2Al_2O_4$ . Das Auftreten saurer und basischer Glimmer wird durch Annahme eines sauren Endgliedes in der Reihe  $R_2Al_2Si_3O_{10}$  und eines basischen  $2R_2Al_2Si_3O_{10} \cdot R_2Al_2O_4$  ( $R = H, K$ ) erklärt, wobei die intermediären Glieder durch eine theilweise Abspaltung der Gruppe  $R_2Al_2O_4$  abgeleitet werden.

Sodalithgruppe. Blauer Chloridsodalith von Ditró mit 2 %iger Kaliumcarbonatlösung erhitzt zerfällt in Kalinatrolith, Natriumaluminat und Kochsalz:



ähnlich verhält sich künstlicher Sodalith. Da dieses Mineral die gleichen Spaltungsproducte wie Natronnephelinhydrat giebt, wird es als ein N. aufgefasst, in dem das Wasser durch  $NaCl$  ersetzt ist,  $8Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 4Na_2Al_2O_4 \cdot 8NaCl$ ; tritt für  $8NaCl$ ,  $4Na_2SO_4$  ein, so resultirt Nosean, tritt  $4Na_2S_2$  ein, Ultramarin. Bei Einwirkung von Natriumcarbonatlösung auf Sodalith von Ditró bildet sich unter Austritt von  $NaCl$  Carbonatsodalith. Da in allen Sodalithen Natrolith enthalten sein soll, lässt sich der Zusammenhang der sauren mit den basischen Carbonatsodalithen in der Weise erklären, dass für das sauerste Glied  $2Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot Na_2CO_3 \cdot xH_2O$  angenommen wird, aus dem sich durch Hinzutreten von Natriumaluminat die basischen ableiten. Künstlicher Sodalith (Globulite und 0,006 mm grosse Körner, eine andere Charakteristik wird nicht gegeben) wurde aus seinen Spaltungsproducten dargestellt:



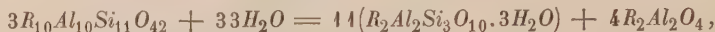
Ebenso Nosean; auch bei Anwendung von Natrolith vom Hohentwiel konnte Sodalith erhalten werden. Verf. unterscheidet nach ihrem Verhalten gegen Chlorcalciumlösung drei metamere Sodalithe: 1) künstlichen hydrogenen S., liefert Chlorcalciumsodalith; 2) S. der Eläolithsyenite (Arendal, Ditró, Miask, Vesuv), wasserärmeren Calciumnephelin; 3) S. von Turkestan, wasserreicheren Calciumnephelin (ob sich diese verschiedenen S. auch krystallographisch verschieden verhalten,

am schwersten lösliche ab. — Man vermisst auch eine bestimmte Angabe des Verfs., ob bei noch längerer Einwirkung der Kaliumcarbonatlösung auf das N. noch mehr Thonerde in Lösung ging. Um endlich die bei den Versuchen entstandenen, meist amorphen oder nur undeutlich krystallisirten Neubildungen als Mineralien, wie Natrolith u. s. w., zu bestimmen, ist die chemische Untersuchung allein nicht genügend, worauf bereits Weinschenk (l. c.) mit Recht hingewiesen hat. Alle diese Einwände lassen sich bei den meisten Versuchen des Verfs. erheben. Die Resultate seiner Untersuchungen besitzen wohl ein chemisches Interesse, ihre Verwerthung für die Mineralogie kann jedoch nur bedingungsweise zugestanden werden.



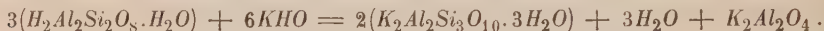
wie dies bei metameren Substanzen zu erwarten ist, wird nicht angegeben). Auch der Hauÿn von Rieden verhält sich gegen Chlorcalciumlösung anders, als der von Niedermendig. Während letzterer nach Lemberg (diese Zeitschr. **18**, 538) Calciumchloridsodalith liefert, geht ersterer in Calciumnephelinhydrat  $8CaAl_2Si_2O_8 + 11H_2O$  über.

Nephelin und Eläolith. Einwirkung von Kaliumcarbonatlösung auf N. und E. verschiedener Fundorte ergaben keine Unterschiede. Beide spalten einen Theil des Alkalialuminats ab und gehen in Natrolith über:



woraus die Formel  $8Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 4Na_2Al_2O_4 \cdot 3K_2Al_2Si_3O_{10}$ , die zu verdreifachen ist, abgeleitet wird. Der Nephelin ist ein Sodalith, in dem Chlornatrium durch Kalinatrolith ersetzt ist. In einer Tabelle werden dann eine Reihe von N.-Analysen aufgeführt, die mit dieser Formel gut übereinstimmen (Kangerdluarsuk, Salem, Miask, Frederiksvärn, Vesuv u. s. f.).

Auch der Kaolin enthält ein Drittel Thonerde auf andere Weisen gebunden, als die übrigen zwei Drittel, wie aus verschiedenen Versuchen hervorgeht, bei denen er in Kalinatrolith und Thonerde nach der Gleichung zerfällt:



Sanidin. Für Kalifeldspath möchte Verf. gleichfalls Kalinatrolith, Kalialuminat und Kieselsäure  $= 2K_2Al_2Si_3O_{10} \cdot K_2Al_2O_4 \cdot 42SiO_2$  als nähere Bestandtheile annehmen.

Natrolith. Wird Kalinatrolith mit 5 %iger  $Na_2CO_3$ -Lösung behandelt, so bildet sich die Verbindung  $Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 4H_2O$ , die sich vom natürlichen N. nur durch ihren grösseren Wassergehalt (+ 2 Mol.) unterscheidet. Der N. wird als Salz der Thonkieselsäure  $H_2Al_2Si_3O_{10} \cdot xH_2O$  (Vernadsky, diese Zeitschr. **23**, 277) aufgefasst, die vielleicht frei in der Natur als Pyrophyllit auftritt.

Leucit und Analcim. Den Leucit spricht Verf. als Salz der Thonkieselsäure  $H_2Al_2Si_4O_{12} \cdot xH_2O$  an, welche natürlich sich als Anauxit oder Smegmatit findet.

Einfluss der Concentration der einwirkenden Lösungen auf den chemischen Umsatz bei Silcaten. Verf. hat sämtliche hierbei in Betracht kommenden eigenen Versuche und die von Lemberg in einer Tabelle zusammengestellt, sie betreffen folgende drei Mineralgruppen: 1) Kaolin, Sodalith, Nephelin, 2) Leucit, Analcim, 3) Kalichabasit. Der Einfluss der Concentration kommt nur bei der ersten Gruppe zur Geltung, und zwar gehen in concentrirteren Lösungen nur Substitutionen, in verdünnteren neben letzteren auch Spaltungen vor sich, bei den Sodalithen jedoch sind auch Spaltungsvorgänge in concentrirten Lösungen möglich. Die Umsetzungsgeschwindigkeit nimmt mit der Verdünnung fast ausnahmsweise ab.

Anwendung der gewonnenen Resultate auf die Geologie. Vom Nephelin sind folgende Zersetzungsproducte zu erwarten: 1)  $Na_2Al_2Si_3O_{10}$ , 2)  $Na_2Al_2O_4$ , 3)  $K_2Al_2Si_3O_{10}$ . Aus 1) entsteht bei Wasseraufnahme Natrolith, der auch aus 3) hervorgehen kann, wenn Natronsalze einwirken; aus 2) bildet sich Hydrargillit und Diaspor, oder es kann sich diese Thonerde mit 3) zu Glimmer vereinigen. Auch aus 1) kann sich bei Einwirkung von Kalisalzen Kaliglimmer abscheiden. Der Spreustein bildet sich, wenn Diaspor und Hydrargillit sich dem Natrolith beimengen. Dass der Hydronephelit (Ranit) ein Gemenge von Natrolith und Hydrargillit sei, geht aus den Untersuchungen Clarke's (diese Zeitschr. **12**, 503) hervor. Der Diaspor kann aus dem gelösten Aluminate durch Wasser oder Kohlensäure abgeschieden werden, auf letzterem Wege wurde er vom Verf. künst-

lich dargestellt. 15,3 g Natronalaun, 7,3 g Natriumhydroxyd wurden in Wasser gelöst, die klare Lösung auf 130 ccm verdünnt und in einem 180 ccm fassenden Platindigestor mit 3,7 g Kohlensäure 79 Stunden bei  $184^{\circ}$ — $190^{\circ}$  erhitzt. Der grösste Theil der Thonerde schied sich als Hydrat ab, ausserdem entstand Dawsonit und Diaspor (doppeltbrechende, gerade auslöschende, zugespitzte, in kochender Salzsäure unlösliche Nadeln). — Dass der Liebenerit im Liebeneritporphyr von Predazzo aus Nephelin und nicht aus Cordierit hervorgeht, wird aus den Untersuchungen Brögger's (diese Zeitschr. 16, 236, 238) geschlossen. — Der Cancrinit ist nicht ein Additionsproduct von  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{H}_2\text{O}$  zum kalifreien Nephelin, wie aus den Versuchen Lemberg's (diese Zeitschr. 10, 608) vermuthet werden könnte, sondern es tritt aus dem Nephelin  $3\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$  aus und dafür  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{H}_2\text{O}$  ein. Nach der Lemberg'schen Auffassung müsste der Cancrinit ein höheres spec. Gew. als der Nephelin besitzen, während das Umgekehrte der Fall ist. — Eine Stütze für seine Annahme, dass der Feldspath Natrolith und Aluminat als Bestandtheile enthalte, erblickt Verf. in der zuweilen beobachteten Umwandlung von Orthoklas und Oligoklas in Natrolith, von Labradorit in Skolezit. Auch das Auftreten von Diaspor und Hydrargillit in der Reihe der Zersetzungsproducte wird hierbei erklärlich.

Ref.: H. Traube.

**12. R. Camerer (in München): Ueber die Totalreflexion des Lichtes an dichten (derben) krystallinischen Substanzen** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1895, 54, 84—103).

Wird auf ein Glasprisma von genügend hohem Brechungsexponenten geschmolzenes Paraffin gegossen, so bemerkt man an der erstarrten Paraffinfläche zwei Grenzen der totalen Reflexion; die eine derselben hat zur Polarisationssebene die Einfallsebene, die der anderen steht hierzu senkrecht. Bei Paraffinen von höherem Schmelzpunkte sind die Grenzen weniger scharf. Verf. berechnet aus diesen Grenzen die zugehörigen Brechungsexponenten; für die bei höherer Temperatur schmelzenden sind sie also weniger genau. Für  $20^{\circ}\text{C}$ . fand er die Werthe:

Paraffin vom Schmelzpunkt:	Brechung I:	Brechung II:
$40^{\circ}$ — $45^{\circ}\text{C}$ .	1,4776	1,5252
$45^{\circ}$ — $50^{\circ}$	1,4840	1,5285
	bis 1,4842	bis 1,5294
$55^{\circ}$ — $60^{\circ}$	1,4946	1,5452
	bis 1,4948	bis 1,5434
$60^{\circ}$ — $62^{\circ}$	1,5046	1,5433
	bis 1,5026	bis 1,5443
$76^{\circ}$ — $80^{\circ}$	1,4982	1,5254
	bis 1,4994	bis 1,5384

Bei allen Paraffinen fand er für je  $1^{\circ}\text{C}$ . Temperaturerhöhung eine Abnahme von 0,00077 des Exponenten.

Noch flüssiges Paraffin vom Schmelzpunkte  $40^{\circ}$ — $45^{\circ}$  lieferte unter gleichen Umständen nur eine unpolarisirte Grenze der Totalreflexion, aus der sich für  $50^{\circ}\text{C}$ . ein Brechungsexponent 1,4360 mit einem Temperaturcoefficienten —0,00024 für  $1^{\circ}\text{C}$ . berechnete. Eine aus Schwefelkohlenstoff niedergeschlagene Paraffinschicht und eine an das Prisma angepresste Schicht gaben dieselben Grenzen wie eine aufgequollene Schicht. Verf. schliesst daraus, dass die Doppelbrechung im vorliegenden Falle nicht durch Spannung, sondern durch das Vorhandensein doppeltbrechender Krystalle bedingt sei.

Aehnlich wie Paraffin verhalten sich Bienenwachs und Walrat. Für Bienenwachs fand Verf. die beiden Brechungsexponenten für  $20^{\circ}\text{C}$ . 1,4984 und 1,5408 mit einem Temperaturcoefficienten  $-0,00022$ , für Walrat 1,4956 und 1,5556 mit einem Temperaturcoefficienten  $-0,00049$ .

Wurde an Paraffin oder Bienenwachs eine glatte Fläche angehobelt, oder eine solche durch Aufgiessen auf Quecksilber hergestellt, dann war überhaupt keine deutliche Grenze der totalen Reflexion sichtbar. Die letztere Erscheinung erklärt Verf. dadurch, dass hier die Grenzfläche von unregelmässig gelagerten zweiaxigen Krystallen mit drei relativ verschiedenen Brechungsexponenten gebildet wird. Wenn dagegen eine Grenzfläche von unregelmässig gelagerten einaxigen Krystallen gebildet wird, dann muss eine einzige scharfe nicht polarisirte Grenze beobachtet werden, die dem ordentlichen Brechungsexponenten entspricht, die ausserordentliche Grenze wechselt dann so sehr für die verschieden orientirten Individuen, dass sie unsichtbar bleibt. Verf. fand dies an einer polirten Marmorfläche bestätigt.

Sind zwei Hauptbrechungsexponenten eines zweiaxigen Krystalles nahezu gleich, der dritte verschieden, dann muss eine einzige, aber verwaschene unpolarisirte Grenze sichtbar werden. Bestätigt an einer Fläche von dichtem Baryt.

Wenn optisch einaxige Krystalle zwar unregelmässig, aber doch alle so gelagert sind, dass die optische Axe zur Grenzfläche senkrecht steht, dann erscheinen zwei scharfe, senkrecht zu einander polarisirte Grenzen.

Sind die Krystalle zweiaxig, aber so, dass zwei Brechungsexponenten nahezu gleich und sind dieselben zwar unregelmässig, aber so, dass die Richtung der ungleichen Lichtgeschwindigkeit nahezu senkrecht zur Grenzfläche steht, dann erscheinen zwei senkrecht zu einander polarisirte, aber verwaschene Grenzen. Diesen letzten Fall erkennt Verf. beim Paraffin, welches auf einer Glasfläche erstarrte.

Ref.: J. Beckenkamp.

### 13. K. Mack (in Hohenheim): Doppelbrechung elektrischer Strahlen (Wiedem. Ann. d. Phys. 1895, 54, 342—351).

Die Versuchsanordnung entsprach der von Töpler angegebenen Modification der Hertz'schen Versuche. Es wurde zwischen die beiden Hohlspiegel eine Tannenholzplatte von 20 cm Dicke in Form eines regelmässigen Sechseckes gebracht, dessen gegenüberliegende Seiten einen Abstand von 60 cm besaßen. Standen die beiden cylindrischen Hohlspiegel vertical, und die Faserrichtung der Platte ebenfalls vertical, so vollführt der Strahl in der Platte seine Schwingung parallel der Faserung, also im Hauptschnitte; wird nur die Platte um  $90^{\circ}$  gedreht, dann ist die Schwingung in der Platte senkrecht zur Faserung, d. h. senkrecht zum Hauptschnitte. Die Intensität der durchgehenden Strahlen war im letzteren Falle grösser. Wird die Axe des einen Spiegels horizontal, die des anderen vertical gestellt, dann bleibt bekanntlich die secundäre Funkenstrecke dunkel. Wird die Platte mit ihrer Faserrichtung dann parallel der Axe des einen oder des anderen Spiegels eingeschoben, dann bleibt die secundäre Strecke ebenfalls dunkel, wird aber die Holzplatte um  $45^{\circ}$  gegen die Spiegelaxe gedreht, dann wird die secundäre Funkenstrecke aufgehellt.

Die Erscheinung ist am deutlichsten bei 2 bis 3 m Spiegelabstand; bei 4 m ist sie nur noch schwach. Bei 5 cm Dicke der Holzplatte findet keine Aufhellung statt; bei 10 cm Dicke beginnt die Aufhellung, bei 20 cm ist sie am deutlichsten, aber auch bei 40 cm Dicke noch fast gleich gut. Wurden zwei Holzplatten von



je 20 cm Dicke mit ihrer Faserung senkrecht auf einander gelegt und dann zwischen die gekreuzten Spiegel geschoben, dann trat keine Aufhellung ein. Die Wellenlänge der angewendeten Strahlen betrug 50 bis 60 cm, die Plattendicke im vorigen Falle also nicht ganz eine halbe Wellenlänge.

Durch Einschränkung des Strahlenbündels mit Hülfe einer Blende wurde die Intensität der Strahlung so geschwächt, dass bei Einfügung einer 35 cm dicken Holzplatte die Strahlen eben absorbiert wurden, wenn die Faserung parallel zu den beiden Spiegelaxen stand. Wurden die Platten um  $90^\circ$  gedreht, dann leuchtet die secundäre Funkenstrecke wieder lebhaft auf. Der parallel der Faserung, d. h. im Hauptschnitte schwingende Strahl wird also viel stärker absorbiert, als der senkrecht zum Hauptschnitte schwingende.

Senkrecht zur Stammaxe geschnittene Platten bewirken zwischen gekreuzten Spiegeln keine Aufhellung der secundären Funkenstrecke.

Tannenholz eignet sich nach den Beobachtungen des Verf. am besten für diese Untersuchungen, Buchenholz nahezu in gleicher Weise, Eichenholz etwas schwächer.

Ref.: J. Beckenkamp.

**14. A. Righi** (in Bologna): Ueber die Doppelbrechung der elektrischen Strahlen (Wiedem. Ann. d. Phys. 1895, 55, 389—390).

Verf. erwähnt, dass er früher als Mack in den Mem. R. Acc. delle Scienze Bologna ((4) 4, p. 487) einen Aufsatz veröffentlicht habe: »Ueber elektrische Schwingungen von kleiner Wellenlänge und über ihre Verwendung zur Hervorbringung von Erscheinungen, welche den hauptsächlichsten optischen Erscheinungen analog sind«. Hierin habe er nicht nur dieselben Resultate mit Holzplatten bezüglich der Doppelbrechung mitgeteilt, welche Mack beschrieben, sondern auch elliptische und circulare Polarisation, die letztere mit Hülfe einer  $\lambda/4$  Platte aus Holz erzeugt, beschrieben.

Ref.: J. Beckenkamp.

**15. K. Mack** (in Hohenheim): Ueber die Doppelbrechung der elektrischen Strahlen. Zweite Mittheilung (Ebenda 56, 717—732).

Eine Holzplatte, aus mehreren Stücken bestehend, von insgesamt 110 cm Dicke wurde zwischen die parallel gestellten Hertz'schen Spiegel gebracht. War die Faserung der ganzen Platte parallel mit der Spiegelaxe, so versagte der secundäre Funke vollständig, war nur die vordere Schicht von etwa 5 cm Dicke parallel, die übrige Schicht von etwa 95 cm senkrecht zu den Spiegelaxen, dann war kaum eine Schwächung zu erkennen. Dies beweist, dass die Schwächung bei der Parallelstellung weniger durch Reflexion als durch Absorption zu erklären ist.

Durch Reflexion der Hertz'schen Strahlen an einer Blechwand wurden stehende Wellen erzeugt und aus den Abständen der Knoten bezüglich Bäuche von der Wand die Wellenebene bestimmt. Gingen die Strahlen durch Luft, so fand Verf. für seine angewendeten Dimensionen  $\lambda = 66$  cm. Wurde vor die Blechwand eine tannene Holzplatte gestellt, so dass die Faserung senkrecht zur Schwingung stand, so fand er bei derselben sonstigen Anordnung  $\lambda_1 = 37,7$  cm. Wurde die Holzplatte mit ihrer Faserung parallel zur Schwingung gestellt, so fand er  $\lambda = 30,7$  cm. Die beiden Brechungsexponenten des Tannenholzes sind demnach  $n_1 = \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1,75$ ,  $n_2 = \frac{\lambda}{\lambda_2} = 2,15$ .

Ref.: J. Beckenkamp.



**16. V. Biernacki** (in Warschau): **Eine einfache objective Darstellung der Hertz'schen Spiegelversuche** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1895, 55, 599—604).

In die Brennnlinie des secundären Hertz'schen Spiegels wird eine 20 cm lange und  $\frac{1}{2}$  cm weite mit Kupferspähen gefüllte Glasröhre gebracht. Von beiden Enden der Röhre führten Drähte durch Oeffnungen in der Rückseite des Spiegels, durch welche die Röhre in den Kreis einer kleinen Batterie von drei Elementen und eines Galvanometers eingeschlossen wird. Röhre und Axe des secundären Spiegels sind horizontal. Der Abstand beider Spiegel beträgt 12 m. Der Widerstand der Röhre ist so gross, dass für gewöhnlich kein Ausschlag des Galvanometers erfolgt. Wenn aber die elektrischen Strahlen des secundären Spiegels auf die Röhre fallen, wird der Widerstand so reducirt, dass die Nadel ausschlägt; statt des Galvanometers kann natürlich auch eine elektrische Klingel eingeschaltet werden. Man kann bei dieser Einrichtung die Dimensionen der Spiegel bedeutend reduciren. Verf. wählte als Länge derselben 45 cm, als Oeffnungsweite 30 cm und als Brennweite 3 cm. Sind beide Spiegel zu einander in gekreuzter Stellung, so erfolgt bekanntlich kein Ausschlag. Verf. brachte zwischen beide ein parallel zur Axe geschnittenes Stück Eis (senkrecht zur Erstarrungsfläche geschnitten), so dass die Längsrichtung unter  $45^0$  gegen die senkrecht gestellten Spiegelaxen geneigt war. Das Galvanometer gab dann einen Ausschlag.

Ref.: J. Beckenkamp.

**17. P. Lebedew** (in Moskau): **Ueber die Doppelbrechung der Strahlen elektrischer Kraft** (Ebenda 56, 4—17).

Der primäre Leiter bestand aus zwei Platincylinndern von 4,3 mm Länge und 0,5 mm Dicke, welche an den gegenüberstehenden Enden zweier evacuirter Glasröhren eingeschmolzen waren; der Abstand zwischen denselben betrug ungefähr 0,02 mm. Das eine Ende der secundären Leitung eines mittelgrossen Inductionsapparates führte durch einen Wasserwiderstand und einen Condensator nach einer der beiden Glasröhren und ragte in dieselbe hinein. Von seinem Ende aus sprangen (innerhalb der Röhre) Funken zu dem einen Platincylinder. Der Leitungsdraht innerhalb der anderen, genau gleichen Glasröhre führte direct zu dem zweiten Pole des Inductionsapparates. Der Spiegel, in dessen Brennnlinie sich die primäre Funkenstrecke zwischen den beiden Platincylinndern befand, war nur 20 mm hoch und hatte eine Oeffnung von 12 mm, eine Brennweite von 6 mm. Damit der Funke des Primärleiters in einem flüssigen Isolator überspringe, steckte die ganze Vorrichtung in einem Petroleumbade mit Glimmerfenstern.

Der secundäre Leiter bestand aus zwei geradlinigen Resonatoren von je 3 mm Länge; an den zugekehrten Enden war einerseits ein 0,04 mm dicker Eisendraht, andererseits ein ebensolcher Draht aus Constantan angelöthet, welche zwei ineinander geschlungene Oesen bildeten. In der Mitte der Resonatoren war je ein Draht angelöthet, der zum Galvanometer führte. Die beiden Resonatoren befanden sich in der Brennnlinie des secundären Spiegels von 20 mm Höhe, 12 mm Oeffnung und 4,4 mm Brennweite. Sobald die Resonatoren erregt wurden, entladeten sie sich durch die Drähte der beiden Oesen. Da diese ein Thermolement bildeten, so musste die bei der Entladung auftretende Erwärmung einen Thermostrom geben, dessen Stärke im Galvanometer angezeigt wird. Der Abstand beider Spiegel betrug ungefähr 40 cm.

Die bekannten Hertz'schen Versuche über Polarisation, Interferenz, Bestimmung der Wellenlänge aus dem Abstände je zweier Knotenpunkte (hier  $\lambda =$

0,6 cm), geradlinige Ausbreitung und Brechung an einem Ebonitprisma (hier 1,8 cm hoch, 1,2 cm breit) lassen sich mit Hülfe dieser Vorrichtung in sehr kleinem Maassstabe vornehmen. Vor allen Dingen wird es aber hierdurch möglich, die Grundversuche mit krystallinischen Medien durchzuführen.

Es wurden zwei Prismen aus gut ausgebildeten Schwefelkrystallen hergestellt, von je 1,8 cm Höhe und 1,3 cm Breite und  $25^\circ$  Brechungswinkel; die brechende Kante des einen Prismas war der grossen Diëlektricitätsaxe, die des anderen der kleinen parallel. Die den brechenden Kanten parallelen Schwingungen lieferten die Brechungsexponenten  $n_g = 2,25$  und  $n_k = 2,00$ . Die entsprechenden Diëlektricitätsconstanten sind nach Boltzmann  $D_g = 4,77$ ,  $D_k = 3,81$ , daraus folgt  $\sqrt{D_g} = 2,18$ ,  $\sqrt{D_k} = 1,95$ .

Ein Parallelepipeton ( $2 \times 1,8 \times 1,2$  cm gross) aus krystallinischem Schwefel wurde durch einen Schnitt durch  $D_g$  und gegen  $D_k$  unter  $50^\circ$  geneigt in zwei Stücke zerschnitten und zwischen beide eine Ebonitplatte von 1,8 mm geschoben. Ein in der Richtung  $D_m$  auffallender elektrischer Strahl wird in diesem Präparate in zwei Strahlen zerlegt, von welchen der eine an der Ebonitplatte total reflectirt wird. Diese Vorrichtung leistet also für die elektrischen Strahlen dasselbe, wie das Nicol'sche Prisma für die Lichtstrahlen.

Eine quadratische Schwefelplatte von 2 cm Länge und Breite und 0,6 cm Dicke so geschnitten, dass die Richtungen  $D_k$  und  $D_g$  in der quadratischen Ebene liegen, bildet für die erwähnten Strahlen von 0,6 cm Wellenlänge eine  $\frac{\lambda}{4}$  Undulationsplatte.

Ref.: J. Beckenkamp.

**18. W. v. Bezold** (in Berlin): Bemerkungen zu der Abhandlung des Hrn. Mack über die Doppelbrechung elektrischer Strahlen (Ebenda 54, 752—754).

Verf. macht darauf aufmerksam, dass nach seinen früheren Beobachtungen die Lichtenberg'schen Figuren auf Holzplatten Ellipsen bilden, deren grosse Axe senkrecht zur Faserung steht, während bei der Senarmont'schen Schmelzfigur die grosse Axe parallel zur Faserung liegt.

Auf einer Seite einer Hartgummiplatte wurden schmale parallele Stanniolstreifen aufgeklebt, die durch gleichbreite Zwischenräume getrennt waren, und nur am oberen Rande wurden alle Streifen leitend verbunden. Wurde auf der unbelegten Seite die Lichtenberg'sche Figur erzeugt, so war sie elliptisch, wie auf einer parallel zur Axe geschnittenen Holzplatte.

Ref.: J. Beckenkamp.

**19. L. Grätz und L. Fomm** (in München): Ueber normale und anomale Dispersion elektrischer Wellen (Wiedem. Ann. 1895, 54, 626—640. Sitzungsber. der math.-phys. Klasse der k. bayer. Akad. d. Wiss. 1894, 24, Heft 2).

Sowie der Brechungsexponent mit der Wellenlänge variiert, so muss sich auch die Diëlektricitätsconstante eines Körpers abhängig zeigen von der Wellenlänge der elektrischen Bewegungen, durch deren Hülfe sie gefunden wird. Aus der Thatsache, dass die Diëlektricitätsconstante, in gewöhnlicher Weise bestimmt, sich meistens viel grösser ergibt, als das Quadrat des auf unendlich lange Wellen reducirten Brechungsexponenten, ist zu schliessen, dass im Gebiete der langen Wellen häufig Absorptionen und daraus folgende anomale Dispersionen vorkommen, welche den Gang der Dispersioncurve wesentlich beeinflussen. Der Ausdrucks-

weise der Optik entsprechend muss man sagen, dass, wenn die Dielektricitätsconstante mit wachsender Wellenlänge abnimmt, man es mit einem Körper mit normaler Dispersion zu thun hat. Wenn dagegen die Dielektricitätsconstante mit wachsender Wellenlänge selbst wächst, dann muss hinter diesem Gebiete, d. h. nach den kürzeren Wellenlängen zu, anomale Absorption stattgefunden haben. Wenn endlich die betreffenden Wellenlängen in ein Gebiet der anomalen Dispersion selbst fallen, dann müssen die Dielektricitätsconstanten mit abnehmender Wellenlänge zunehmen, dann bis zu einem Minimum abnehmen und dann wieder zunehmen. Den letzteren Fall beobachteten die Verff. an einer basischen Beryllplatte.

Ref.: J. Beckenkamp.

**20. H. Rubens** (in Berlin): **Die Ketteler-Helmholtz'sche Dispersionsformel** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1895, **54**, 476—485).

Verf. hat früher die Dispersion des Quarzes, Flintglases, Sylvins und Steinsalzes durch Vergleich mit der Dispersion des Flussspathes bestimmt (vergl. diese Zeitschr. **27**, 442). Inzwischen hat Paschen (vergl. diese Zeitschr. **27**, 442 und 443) mit Hülfe eines vorzüglichen Rowland'schen Gitters die Dispersion des Flussspathes genauer bestimmt. Verf. corrigirt deshalb die Constanten der Dispersionsformeln für die genannten Körper unter Zugrundelegung der Werthe, welche Paschen für den Flussspath gefunden. Für Quarz und schweres Silicatflintglas (0,500) verwendet Verf. die strengere Formel:

$$n^2 = b^2 + \frac{M_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} - \frac{M_2}{\lambda_2^2 - \lambda^2}$$

und findet für Quarz:

$$b^2 = 3,4629, \quad M_1 = 0,040654, \quad \lambda_1^2 = 0,040627 \\ M_2 = 444,47, \quad \lambda_2^2 = 400,77,$$

für das Flintglas

$$b^2 = 6,7746, \quad M_1 = 0,03672, \quad \lambda_1^2 = 0,0404, \\ M_2 = 4508,2, \quad \lambda_2^2 = 394,65;$$

für Sylvín und Steinsalz begnügt er sich mit der Formel

$$n^2 = a^2 + \frac{M_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} - k\lambda^2 \quad \text{und fand}$$

für Sylvín

$$a^2 = 2,4738, \quad M_1 = 0,0150, \quad \lambda_1^2 = 0,0234, \quad k = 0,000539,$$

für Steinsalz

$$a^2 = 2,3285, \quad M_1 = 0,048496, \quad \lambda_1^2 = 0,04624, \quad k = 0,000920.$$

Ref.: J. Beckenkamp.

**21. F. Paschen** (in Hannover): **Ueber die Wellenlängenscala des ultra-rothen Flussspathspectrums** (Ebenda 1895, **56**, 762—767).

Da die Linien des Gitterspectrums bei Anwendung eines Rowland'schen Concavgitters eine geringe Krümmung besitzen, so liegt hierin für die Wellenlängen unter  $3,5 \mu$  eine Fehlerquelle. Um diese zu vermeiden, blendet Verf. den Spalt oben und unten gleichmässig ab, so dass nur die mittlere, gerade Partie zur Geltung kommt. Dadurch ändern sich die früher (vergl. diese Zeitschr. **27**, 442)

gefundenen Werthe etwas. Seine neuen Werthe entsprechen ziemlich gut der Ketteler'schen Formel

$$1) \quad n^2 = a^2 + \frac{M_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} - \frac{M_1}{\lambda_1^2 - \lambda^2},$$

wenn gesetzt wird:

$$a^2 = 6,09651, \quad M_1 = 5114,65, \quad M_2 = 0,0061386, \quad \lambda_1^2 = 1260,56, \\ \lambda_2^2 = 0,008840.$$

Besser noch als die Formel 1) folgen die Beobachtungen der Formel

$$2) \quad n^2 = A^2 + \frac{M_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} - k\lambda^2 - h\lambda^4$$

mit den Constanten:

$$A^2 = 2,03888, \quad M_2 = 0,006166, \quad \lambda_2^2 = 0,0086959, \quad k = 0,003200, \\ h = 0,0000029495.$$

Die beiden Formeln mit den angegebenen Constanten genügen auch ebenso gut den Beobachtungen Sarasin's im Ultraviolett.

Die genaue Kenntniss der Dispersion des Flussspathes ist deshalb von Interesse, weil sie es ermöglicht, bestimmte Wellenlängen im Ultraroth zu markiren.

Ref.: J. Beckenkamp.

**22. F. Paschen (in Hannover): Dispersion und Diëlektricitätsconstante** (Wiedem. Ann. d. Phys. 1895, 54, 668—674).

Beschränkt man sich auf das Spectralgebiet zwischen Absorptionsstellen, welches Dispersionsbestimmungen zugänglich ist, und schliesst man die Absorptionsstellen selbst aus, so führt die elektromagnetische Theorie von Helmholtz zu der Gleichung:

$$1) \quad n^2 = \epsilon_0 + \sum \frac{\epsilon_h}{1 - \frac{\tau_h^2}{\tau^2}},$$

worin  $n$  der Brechungsquotient,  $\tau$  die variable Schwingungsdauer,  $\tau_h$  die Eigenschwingungsdauer des  $h$ ten Moleküls, welches eine Absorption verursacht,  $\epsilon_h$  die Diëlektricitätsconstante in diesem Molekül,  $\epsilon_0$  die Diëlektricitätsconstante in dem von der Molekülmasse nicht erfüllten Raume des Körpers bedeutet.

Die Diëlektricitätsconstante  $D$  des Körpers ist dann  $D = \epsilon_0 + \sum \epsilon_h$ . Die elastisch-optische Theorie führt zu der Gleichung:

$$2) \quad n^2 = a^2 + \sum \frac{M_h}{\lambda^2 - \lambda_h^2},$$

wobei  $\lambda$  die variable Wellenlänge,  $\lambda_h$  die Wellenlänge der  $h$ ten Absorptionsstelle und  $M_h$  eine für diese Absorptionsstelle und den Körper charakteristische Constante bedeuten.

Es hat sich gezeigt, dass für diejenigen Substanzen, für welche die Cauchy'sche Formel:  $n^2 = a^2 + \frac{M_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2}$  genügt, auch die Maxwell'sche Beziehung  $n_\infty^2 = D$  gilt. Dies ist dann der Fall, wenn die Substanz keine Absorptionsstellen im Ultraroth besitzt, welche die Dispersion zu beeinflussen vermögen. Durch die genauere Bestimmung des Wärmespectrums bei einigen Körpern



ist man jetzt im Stande, bei solchen Körpern, die der Cauchy'schen Formel nicht genügen, die Dispersion der Licht- und Wärmestrahlen durch eine Formel mit vier Constanten der Beobachtung besser angepasst auszudrücken. In diesem Falle wird  $D = n_{\infty}^2 = a^2$ .

Für Flussspath wird  $D = 6,09$ . Auf directem elektrischem Wege wurde gefunden  $D = 6,7$ .

Ferner findet Verf. für Quarz  $\epsilon_0 = 4,354$ , für Flussspath  $\epsilon_0 = 4,350$ .

Ref.: J. Beckenkamp.

**23. E. Ketteler (in Münster):** Ableitung der Gleichungen der elektromagnetischen Lichttheorie aus den Erfahrungsthatssachen der Krystalloptik (Wiedem. Ann. d. Phys. 1895, 55, 525—539). — Die Gesetze der Lichtbewegung in absorbirenden Krystallen (Ebenda 540—555). — Eine neue Form der Gesetze der Lichtbewegung in absorbirenden Krystallen und ihre Anwendung auf die Theorie der Totalreflexion an durchsichtigen Krystallen (Ebenda 56, 56—77).

Unter der Voraussetzung, dass Neumann'sche Schwingungen (senkrecht zu Strahl und Normalen in der Polarisationssebene), Fresnel'sche Schwingungen (senkrecht zur Normalen, senkrecht zur Polarisationssebene) und Ketteler'sche Schwingungen (senkrecht zum Strahl, senkrecht zur Polarisationssebene) gleichzeitig nebeneinander bestehen, sucht Verf. die Maxwell-Hertz'schen Gleichungen direct aus den Erfahrungsthatssachen der Krystalloptik abzuleiten.

Ref.: J. Beckenkamp.

**24. E. Merritt (in Berlin):** Ueber den Dichroismus von Kalkspath, Quarz und Turmalin für ultraroth Strahlen (Ebenda 1895, 55, 49—64). In Folge des in den letzten Jahren erkannten Zusammenhanges zwischen Dispersion und Absorption ist bei allen doppeltbrechenden Krystallen wegen der ungleichen Brechung auch eine verschiedene Absorption der beiden senkrecht zu einander polarisirten Strahlen zu erwarten, wenn dieselbe auch im sichtbaren Gebiete sich der Beobachtung in den meisten Fällen entzieht.

Das von einem Zirkonbrenner ausgestrahlte Licht wurde durch eine Steinsalzlinse auf einen Polarisator aus Glasplatten gerichtet, von dort auf den Spalt eines Spectroskopes reflectirt, dessen Linsen und Prismen aus Flussspath bestanden. Nach dem Austritte aus dem ersten Spectroskope fiel das Licht auf den Spalt eines zweiten Spectroskopes, welches statt der Linsen Hohlspiegel hatte und auf dessen Tische sich ebenfalls ein Fluoritprisma befand. Statt des Beobachtungsrohres hatte das letztere ein empfindliches Bolometer. Die zu untersuchende Krystallplatte wird vor den Spalt des ersten Spectrometers gebracht. Da die Dispersion des Flussspathes genau bekannt ist, so kann mit dieser Vorrichtung die Messung der Intensität für bestimmte Wellenlängen vorgenommen werden. Die untersuchten Krystallplatten waren parallel zur Axe geschnitten, so dass die Durchlässigkeit für diejenigen Strahlen bestimmt wurde, welche senkrecht bez. parallel zur Axe polarisirt waren; endlich wurde beim Turmalin noch eine dritte Bestimmungsreihe vorgenommen, indem der Polarisator ganz entfernt wurde, also die Absorption für nicht polarisirte Strahlen bestimmt. Die Resultate dieser letzteren Bestimmung lagen immer in der Mitte zwischen den des ordentlichen und den des ausserordentlichen Strahles.

Für Quarz und Kalkspath wurde statt dessen auch jedesmal eine senkrecht

zur Axe geschliffene Platte ohne Polarisator untersucht. Die so gefundenen Werthe stimmen mit denen des ordentlichen Strahles überein.

Wird die Intensität des in eine Platte einfallenden Strahles mit  $J_1$ , die des austretenden Strahlen mit  $J_2$  bezeichnet, während  $rJ_1$  die Intensität der durch Reflexion an der ersten Grenzfläche zurückgeworfenen Strahlen bezeichnet, und ist  $d$  die Dicke der Platte, dann ist

$$J_2 = J_1(1 - 2r)e^{-dp};$$

Der Extinctionscoefficient  $p$  ist dann

$$p = -\frac{1}{d} \log_{\text{nat}} \frac{J_1(1 - 2r)}{J_2}.$$

Wird als Einheit der Dicke 1 cm gewählt, dann ergaben die Beobachtungen:

Kalkspath				Quarz				Turmalin			
ordentl. Strahl:		ausserordentl. Strahl:		ordentl. Strahl:		ausserordentl. Strahl:		ordentl. Strahl:		ausserordentl. Strahl:	
$\lambda$	$p$	$\lambda$	$p$	$\lambda$	$p$	$\lambda$	$p$	$\lambda$	$p$	$\lambda$	$p$
1,02 $\mu$	0,0	1,02 $\mu$	—	0,80 $\mu$	0	0,80 $\mu$	0	1,17 $\mu$	$\infty$	0,76 $\mu$	9,20
1,25	0,0	1,27	—	1,26	0	1,40	0	1,34	14,6	0,885	6,17
1,45	0,0	1,80	—	1,54	0	1,55	0	1,54	8,6	1,00	8,30
1,72	0,03	2,15	—	1,80	0	1,81	0	1,73	4,45	1,25	12,1
2,07	0,13	2,49	0,14	2,05	0	2,22	0	1,94	2,43	1,50	6,17
2,11	0,74	2,87	0,08	2,50	0	2,50	0	2,09	3,24	1,76	1,94
2,30	1,92	3,00	0,43	2,67	0	2,74	0	2,30	5,30	1,89	1,40
2,44	3,00	3,28	1,32	2,72	0,20	2,89	0,11	2,40	5,50	2,04	1,68
2,53	1,92	3,38	0,89	2,83	0,47	3,00	0,33	2,50	5,08	2,23	3,78
2,60	1,21	3,59	1,79	2,95	0,57	3,08	0,26	2,76	10,3	2,40	9,4
2,65	1,74	3,76	2,04	3,07	0,31	3,26	0,11	2,83	11,4	2,76	16,6
2,74	2,36	3,90	1,17	3,17	0,20	3,43	0,51	2,88	8,05	3,04	12,2
2,83	1,32	4,02	0,89	3,38	0,15	3,52	0,76	3,20	5,50	3,32	7,40
2,90	0,70	4,41	1,07	3,67	1,26	3,59	1,88	3,53	8,97	3,94	8,05
2,95	1,80	4,67	2,40	3,82	1,61	3,64	1,83	3,93	20,1		
3,04	4,71	4,94	1,25	3,96	2,04	3,74	1,62				
3,30	22,7	5,04	2,13	4,12	3,41	3,91	2,22				
3,47	19,4	5,34	4,41	4,50	7,30	4,19	3,35				
3,62	9,6	5,50	12,8			4,36	8,0				
3,80	18,6										
3,98	$\infty$										
4,35	6,6										
4,52	14,3										
4,66	11,6										
4,83	6,1										
4,96	5,5										
5,25	8,0										

Die Curven, welche die Abhängigkeit der Durchlässigkeit von der Wellenlänge ausdrücken, sind für den ausserordentlichen und den ordentlichen Strahl von einander unabhängig.

Beim Kalkspath zeigt der ordentliche Strahl je einen scharfen Absorptionsstreifen bei  $\lambda = 2,44 \mu$  und bei  $\lambda = 2,74 \mu$ ; breite Streifen bei  $\lambda = 3,4 \mu$ ,  $\lambda = 4,0 \mu$ ,  $\lambda = 3,6 \mu$ . Der ausserordentliche Strahl zeigt solche bei  $\lambda = 3,28 \mu$ ,  $\lambda = 3,75 \mu$ ,  $\lambda = 4,66 \mu$ .

Beim Quarz zeigt der ordentliche Strahl einen Streifen bei  $\lambda = 2,90 \mu$ . Bei  $\lambda = 4,75 \mu$  hört die Durchlässigkeit beider Strahlen fast ganz auf.

Beim Turmalin zeigt der ordentliche Strahl einen Streifen bei  $\lambda = 2,82 \mu$ . Zwischen  $\lambda = 2,30 \mu$  und  $\lambda = 3,48 \mu$  ist die Absorption des ausserordentlichen Strahles grösser als die des ordentlichen.

Ref.: J. Beckenkamp.

**25. O. Mügge** (in Münster, jetzt in Königsberg): **Ueber die Plasticität der Eiskrystalle** (Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 1895, 2, 211—228. Nachrichten von der Ges. d. Wiss. z. Göttingen 1895, 2, 1—4).

Untersuchungen über die Plasticität des Eises mit Berücksichtigung der Orientirung des Druckes scheinen zuerst von Mc Connel ausgeführt worden zu sein (Proc. Roy. Soc. 1890, 48, 259 und 1891, 49, 323). Ein Stab, dessen Längsrichtung senkrecht zur optischen Axe, wurde so auf zwei Schneiden gelegt, dass die optische Axe vertical gerichtet war, und in der Mitte belastet. Dabei wurde der Stab so gebogen, dass die optische Axe an jeder gebogenen Stelle senkrecht zur (gekrümmten) Oberfläche blieb. Wurde dagegen ein solcher Stab so auf die Schneiden gelegt, dass die optische Axe den beiden Schneiden parallel ging, dann erfolgte keine Veränderung des Stabes. Dieser verhielt sich also so, als bestände er aus unendlich vielen und dünnen, nicht ausdehnbaren, aber vollkommen biegsamen Lagen parallel der Basis (0001) *Op.* Verf. fand diese Beobachtungen Mc Connel's bestätigt und erkannte diese Biegungen als dauernde, unelastische; optische Spannungen und Sprünge machten sich hierbei nicht bemerkbar.

Um Translationen ohne Biegung zu erhalten, untersuchte er Stäbe, deren Längsrichtung parallel mit der optischen Axe war. Bei diesen wurde zwischen den Schneiden ein Stück des Eises, etwa von der Breite der Gewichtschnur, nach und nach aus dem Stabe derart vorgeschoben, dass die optische Axe des verschobenen Theiles auch nach der Schiebung noch mit der optischen Axe des Haupttheiles parallel blieb. Auch hierbei blieben die Stäbe frei von Sprüngen und von optischen Spannungen. Wenn die Druckrichtung innerhalb der Basis geändert wurde, so konnte ein Unterschied für die verschiedenen in der Basis liegenden Richtungen nicht erkannt werden.

Legt man einen Stab, dessen Längsrichtung senkrecht zur optischen Axe, so auf zwei Schneiden, dass die optische Axe etwa  $45^{\circ}$  mit der Verticalen bildet und verhindert die beiden Enden an einer Drehung um die Längsrichtung, so drehen sich bei der Belastung die Querschnitte zwischen den Schneiden so, dass die optische Axe nachher einen kleinen Winkel mit der Verticalen bildet. Diese Torsion wird dadurch möglich, dass die nach derselben Richtung senkrecht zur optischen Axe sich erstreckenden Molekülreihen sich verhalten wie nicht ausdehnbare, aber vollkommen und beliebig biegsame Fäden, welche unabhängig von einander parallel ihrer Längsrichtung gleiten können, ohne dabei ihren Abstand zu ändern.

Nach Pfaff nimmt die Plasticität des Eises mit der Annäherung an den Schmelzpunkt zu.

Verf. ist der Ansicht, dass die Translationsfähigkeit des Eises zusammen mit der dadurch möglichen Biegsamkeit und Drillbarkeit, vollständig genügen würde, die Bewegungen der Gletscher zu erklären, wenn es durch besondere Versuchsreihen gelänge den Nachweis zu führen, dass die Translationsfähigkeit mit der Temperatur merklich zunehme. »Daneben noch Schmelzung durch Druck anzunehmen, scheint zwar nicht mehr nöthig, sie mag aber gleichwohl stattfinden, und ihre Annahme ist vielleicht zur Erklärung des Grösserwerdens des Gletscherkornes vom Firn bis zum Gletscherende nicht zu umgehen.«

Ref.: J. Beckenkamp.

**26. B. Walter** (in Hamburg): **Die Oberflächen- oder Schiller-Farben** (Braunschw. 1895, 122 SS. u. 1 Tafel).

Der Verf. macht zunächst darauf aufmerksam, dass die Existenz einer Ober-



flächenfarbe auch für farblose Stoffe aus den Fresnel'schen Reflexionsgesetzen sich ergibt, da die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes von dem Brechungsindex abhängt, und dieser für verschiedene Farben seinen Werth wechselt. Der hierdurch bewirkte Unterschied in der Zusammensetzung des einfallenden und des reflectirten Lichtes kann in verschiedenen Fällen so gross werden, dass lebhaftere Farben beobachtet werden, welche bei schiefer Incidenz natürlich mit dem Einfallswinkel sich ändern, besonders in der Nähe des Polarisationswinkels; endlich können die an der Grenze zweier farbloser Medien erzeugten Farbenercheinungen noch auffallender werden, wenn man die betr. Substanzen so wählt, dass an ihrer Grenzfläche für einen Theil der Farben Totalreflexion stattfindet.

Zeigt jedoch ein Körper »Metallreflexion«, d. h. absorbiert er alle Strahlen des Spectrums sehr stark, so tritt nach der von der Erfahrung bestätigten Cauchy'schen Theorie in den Formeln für die Intensität des reflectirten Lichtes ausser dem Einfallswinkel und dem Brechungsindex noch der Absorptionscoefficient für die betreffende Lichtart hinzu. Die Grösse  $k_0$  bedeutet, dass ein senkrecht auffallender Lichtstrahl (abgesehen von der Schwächung des Lichtes durch Reflexion an der Ein- und Austrittsfläche), während er sich um die Strecke  $\lambda$  (seine Wellenlänge im leeren Raume) in dem Körper fortpflanzt, auf das  $e^{-4\pi k_0}$ -fache seiner ursprünglichen Intensität abgeschwächt wird, wo  $e = 2,71828\dots$ ,  $\pi = 3,14159\dots$ .

Setzt man  $e^{-4\pi k_0} = d_\lambda$ , so kann die letztere Grösse als »Durchlasscoefficient« bezeichnet werden. Berechnet man diese Werthe für eine Substanz, von welcher eine 1 mm dicke Schicht nur 11% des Lichtes hindurchlässt, so ergibt sich  $d_\lambda = 0,9987$  und der theoretische Absorptionscoefficient für eine Wellenlänge  $k_0 = 0,0001$ , d. h. für solche Körper erfährt das Licht auf einer Wellenlänge keine Aenderung, und es gelten somit hier noch die einfachen Fresnel'schen Gesetze für nicht absorbirende Medien. Erst wenn  $k_0$  gegen 0,4 beträgt, wird  $d_\lambda$  eine bedeutend von 1 abweichende Grösse, und alsdann ist die Intensität des von einer 1 mm dicken Schicht durchgelassenen Lichtes längst unendlich klein geworden; erreicht  $k_0$ , wie es bei einigen Metallen vorkommt, den Werth 4, so beträgt selbst  $d_\lambda$  nur  $1,48 \cdot 10^{-22}$ .

Die Theorie zeigt ferner, dass bei derartig starker Absorption diese selbst und der Brechungsindex sich mit dem Einfallswinkel ändern. Aus den von Ketteler für diese Aenderung abgeleiteten Gleichungen folgt, dass so stark absorbirte Strahlen niemals total reflectirt werden können, also stets ein Theil des auf eine Metallfläche auffallenden Lichtes in diese eindringen muss, wenn derselbe sich hier in Folge der Absorption auch nur um Bruchtheile einer Wellenlänge fortzupflanzen vermag. Die Brechungsindices und Absorptionscoefficienten für senkrechte Incidenz  $n_0$  und  $k_0$  sind bekanntlich von Kundt u. a. (s. diese Zeitschr. 18, 434) für verschiedene Metalle direct gemessen worden; seine Resultate stimmen genügend gut überein mit den aus den Constanten der elliptischen Polarisation theoretisch berechneten Werthen, welche der Verf. für eine grössere Reihe von Metallen angiebt. Aus diesen folgt nun, dass die Intensität des senkrecht reflectirten Lichtes (am höchsten beim Silber, nämlich 0,923 für Roth, 0,849 für Violett) bei den Metallen ohne wesentliche Oberflächenfarbe, Silber, Platin, Eisen, Nickel und Zink, für die verschiedenen Farben wenig abweicht, dagegen für Gold und Kupfer, entsprechend deren Oberflächenfarbe, erhebliche Unterschiede aufweist. Für schräg auffallende Strahlen muss sich nach dem Obigen die Intensität des Lichtes ändern, und es wird daher auch das Intensitätsverhältniss der verschiedenen Farben ein anderes. Die Berechnung lehrt, dass dieses Verhältniss wenig



verändert wird bei Silber und Platin, so dass diese auch bei schrägem Auffall des Lichtes nahezu farblos bleiben, dass dagegen Eisen einen schwach, Zink einen stärker blauen Ton annimmt, während Nickel deutlich gelb wird, und bei Gold und Kupfer die schon bei senkrechter Incidenz ziemlich starke Oberflächenfarbe sich noch erheblich vertieft. Am Eisen wird bei senkrechter Incidenz das rothe, bei schiefer das violette Licht stärker reflectirt, so dass dieses Metall im ersteren Falle eine schwache rothe, im zweiten Falle eine schwache blaue Oberflächenfarbe annimmt. In der Nähe des Haupteinfallswinkels (d. i. desjenigen, bei welchem das Minimum der Reflexion des senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Lichtes stattfindet) treten bei den Metallen keine so schnellen Aenderungen der Farbe ein, wie bei der gewöhnlichen Reflexion in der Nähe des Polarisationswinkels, weil im ersteren Falle die senkrecht zur Einfallsebene polarisirte Componente nicht vollständig ausgelöscht wird. Da die Oberflächenfarbe der Metalle wesentlich von deren Absorptionscoëfficienten für die verschiedenen Lichtarten abhängen, so ist die Aenderung, welche sie erfahren, wenn der Auffall der Strahlen statt in Luft z. B. in Glas stattfindet, eine geringere, als bei den nichtmetallisch reflectirenden Körpern.

Die eigentlichen »Schillerstoffe«, d. h. nichtmetallische Körper mit Oberflächenfarbe, unterscheiden sich von denen der beiden ersten Klassen dadurch, dass sie einen Theil der Farben so stark absorbiren, wie ein Metall, daher diese auch entsprechend stark reflectirt werden und die Oberflächenfarbe bestimmen, während die hindurchgelassenen für die Körperfarbe maassgebend sind. In Folge dessen sind bei diesen Substanzen Oberflächenfarbe und Körperfarbe in gewissem Sinne complementär (Haidinger), wovon aber zuweilen erhebliche Abweichungen dadurch bedingt sind, dass die Oberflächenfarbe von dem Einfallswinkel und der Beschaffenheit des angrenzenden Mediums abhängt, die Körperfarbe dagegen von der Dicke der durchstrahlten Schicht. Ausserdem kommt die Abhängigkeit der Reflexionsfähigkeit derjenigen Strahlen, welche dem Fresnel'schen Gesetze folgen, von dem Brechungsindex bei den Schillerstoffen besonders deshalb in Betracht, weil diese für die weniger absorbirten Farben zu beiden Seiten des Absorptionsmaximums Unterschiede der Brechungsindices zeigen, wie sie vor der Entdeckung der anomalen Dispersion derselben nicht beobachtet worden waren. So ist für Fuchsin der Brechungsindex des Violett in der Nähe von  $G = 1$ , d. h. ungefähr gleich dem der Luft, für Roth in der Nähe von  $C = 2,4$ ; da beide Farben schwach absorbirt werden, also dem Fresnel'schen Gesetze folgen, so wird Violett so gut wie gar nicht, Roth dagegen so stark reflectirt, wie an der Oberfläche von Diamant; da auch Gelb noch stark zurückgeworfen wird, so ist die Oberflächenfarbe des Fuchsin in der Luft gelblichgrün. Bringt man dagegen eine Fuchsinschicht mit einem farblosen Körper von der Brechbarkeit des Diamanten in Berührung, so tritt in Bezug auf Roth und Violett das Umgekehrte ein, und die Oberflächenfarbe wird blau. Ungefähr complementär zur Körperfarbe ist dieselbe nur, wenn als angrenzendes Medium Glas angewendet wird, dessen Brechungsindices ungefähr in der Mitte zwischen denen des Fuchsin für Roth und für Violett liegen, und auch in diesem Falle nur für senkrechte Incidenz. Um die Abhängigkeit der Oberflächenfarbe von dem Einfallswinkel und dem Absorptionscoëfficienten zu prüfen, ist letzterer, sowie auch der Brechungsindex für die metallisch reflectirten Strahlen durch Messung der sogen. Constanten der elliptischen Polarisation zu bestimmen, während für die übrigen der allein in Betracht kommende Brechungsindex einfach durch Totalreflexion gemessen werden kann. Der Verf. führte eine derartige Untersuchung vollständig

durch für Fuchsin (essigsäures Rosanilin) und Diamantgrün G der badischen Anilin- und Sodafabrik (Teträthylamidodiphenylcarbinolsulfat), von denen das erstere den mittleren Theil des Spectrums, letzteres dessen äussere Theile metallisch reflectirt. Zur Messung der Totalreflexion der übrigen Strahlen wurden dreiseitige Prismen von Flussspath, Kronglas, drei verschiedene Arten von Flintglas und von Diamant verwendet, auf deren eine Fläche jedesmal eine Farbstoffschicht, durch Aufgiessen und Eintrocknen einer Lösung, gebracht wurde. Die ausserordentlich grossen Differenzen der Brechungsindices dieser Körper für verschiedene Farben bedingen eine grosse Verschiedenheit des Polarisationswinkels, so dass im senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Lichte die einzelnen Farben unter anderen Winkeln ausgelöscht werden; die dadurch hervorbrachte Aenderung der Oberflächenfarbe mit dem Einfallswinkel macht sich sogar im gewöhnlichen Lichte bemerkbar. Dieselben Verhältnisse bewirken endlich auch bei der Beobachtung in Glas oder einem anderen, stärker brechenden Medium, dass der Winkel der Totalreflexion für die verschiedenen Farben ein ganz verschiedener ist, daher auch durch diesen Umstand die Veränderlichkeit der Oberfläche mit dem Einfallswinkel erhöht wird. Das Verhalten der beiden genannten Farbstoffe, wie es für polarisirtes Licht mit Hilfe des Dichroskops experimentell festgestellt und z. Th. auch photometrisch geprüft wurde, ist nun ein den berechneten Werthen der Reflexionsfähigkeit für die verschiedenen Farben vollkommen entsprechendes.

Ausser den im Thierreiche auftretenden Schillerfarben, welche sich als Lösungen von Farbstoffen in Chitin, Hornhaut u. s. w. erweisen, werden von dem Verf. auch die Krystalle mit Oberflächenfarbe behandelt und zwar speciell die des Magnesiumplatincyanür. Diese verhalten sich nur für ausserordentlich gebrochenes Licht wie Schillerstoffe, für ordentlich gebrochenes dagegen wie ein gewöhnlicher Körper ohne Oberflächenfarbe, wie man leicht an den aus einem Tropfen der Lösung ausgeschiedenen mikroskopischen Kryställchen nachweisen kann, welche für senkrecht zur Axe stattfindende Schwingungen fast farblos, für parallele tieferth gefärbt erscheinen. In Folge dessen zeigen die Krystalle bei senkrechter Incidenz auf  $\{001\}$ , wo nur ordentliche Strahlen reflectirt werden, keine Oberflächenfarbe, auf  $\{100\}$  dagegen die der am Fuchsin zu beobachtenden sehr ähnliche grüne Schillerfarbe am reinsten, wenn durch einen vorgehaltenen Nicol die ordinären Strahlen beseitigt werden. Die Annahme, dass die Brechungsindices und die Absorptionsverhältnisse der ausserordentlichen Strahlen für die verschiedenen Farben ähnliche seien, wie beim Fuchsin, erklärt nun auch das Verhalten der Krystalle bei schrägem Auffall des Lichtes, sowie die starke positive Doppelbrechung für Roth, dessen ausserordentlicher Brechungsindex dann sehr gross sein muss. Der Verf. nimmt daher an:

für Roth  $\omega = 1,55$  (n. Grailich),  $\epsilon = 2,5$  (= Fuchsin)

- -  $\omega = 1,60$  -  $\epsilon = 1,4$  -

Es ergibt sich dann für die schwach absorbirten Strahlen der Polarisationswinkel der rothen Strahlen für  $\{001\}$  ca.  $34^\circ$  grösser als der der violetten Strahlen, auf  $\{100\}$  dagegen ca.  $16^\circ$  kleiner. Damit übereinstimmend zeigt die Basis des Magnesiumplatincyanürs im senkrecht zum Hauptschnitt polarisirten Lichte bei steigendem Einfallswinkel ein noch tieferes Blau als Fuchsin, weil alsdann rothe Strahlen nicht reflectirt werden, und da für die Prismenfläche das Verhältniss der Polarisationswinkel das umgekehrte ist, so verschiebt sich der Ton der Oberflächenfarbe der letzteren, wenn der Einfallswinkel im Hauptschnitte zunimmt, nach der entgegengesetzten Seite und wird statt Blau mehr Grünblau. Bildet die Einfallsebene des Lichtes einen Winkel mit dem Hauptschnitte, so verschiebt sich der

Farbenton mehr nach Blau, wird aber bei steigendem Winkel immer schwächer, da hierbei die Amplitude des allein in Betracht kommenden ausserordentlichen Strahles immer kleiner wird.

Im Gegensatz zu den sich einander ähnlich verhaltenden Platindoppelcyanüren ist es bei einigen von Haidinger untersuchten Salzen (Poggendorff's Ann. 76, 99) der ordentliche Strahl, welcher die Oberflächenfarbe erzeugt, während bei den prismatischen Krystallen des oben besprochenen Diamantgrün jeder der beiden Strahlen seine besondere Oberflächenfarbe zeigt (Schwingungen  $\parallel$  der Prismenaxe grün,  $\perp$  roth bei senkrechter Incidenz); solche Krystalle mit doppelter Oberflächenfarbe haben daher ganz verschiedenen Sinn der Doppelbrechung für verschiedene Farbe, welcher unter Umständen sogar mehrfach wechseln kann.

Ref.: P. Groth.

**27. A. Nies** (in Mainz): **Krystallbeschreibung**<sup>1)</sup> (Stuttgart, Schweizerbart 1895, 175 S. 182 Textfiguren).

Das Buch ist in mehrerer Beziehung beachtenswerth. Zunächst wegen des Zieles, das es sich steckt: Förderung des krystallographischen Unterrichts in den Mittelschulen. Nies ist einer der wenigen, die mit Erfolg Mineralogie und Krystallographie in die Mittelschulen eingeführt haben. Er ist mit Erfolg bemüht, den Schülern Lust zur Sache zu machen, und so unserer Wissenschaft junge Truppen zuzuführen. Ein Bestreben, das die Anerkennung, Ermunterung und Unterstützung der Fachgenossen in hohem Grade verdient.

Nies hat seine eignen Methoden ausgebaut, um die Krystallographie schulgerecht zu machen und kleinere Arbeiten darüber bereits publicirt<sup>2)</sup>. Das vorliegende Buch giebt seine Methoden ausführlich. Es soll den Lehrern und Schülern als Handbuch dienen und die Methoden des Verfs. weiteren Kreisen zugänglich machen.

Das Mittel, das er anwendet, um den Schüler mit den Krystallen vertraut zu machen, ist das Zeichnen. Das Verfahren ist folgendes: Für jeden am Krystall auftretenden Eckpunkt werden die drei Coordinaten  $xyz$  in Bezug auf die Krystallaxen ausgerechnet und aufgetragen; die Eckpunkte dann durch Gerade verbunden. Das Auftragen der Coordinaten geschieht mit Hülfe von quadrirtem Papier. Die Coordinaten werden abgezählt, nicht gemessen. Jedes quadrirte Schulheft ist dazu zu gebrauchen. Beim Unterricht verwendet Nies eine quadrirte Tafel; während er darauf die Coordinaten abzählt, die Eckpunkte bestimmt und verbindet, thun die Schüler in ihrem Heft das Gleiche. Sie sehen dabei vor sich anschaulich und selbst ausgeführt die Krystallformen entstehen.

Die Beispiele des Buches zeigen, wie man auch complicirte Formen, Combinationen, Hemiedrien, Zwillinge und Viellinge auf diese Art leicht zeichnen kann.

Die Bildebene legt Verf. nach dem Vorgang von H. Kopp in die Ebene der zwei aufrechten Axen und erhält dadurch die Abschnitte auf diesen, sowie den Winkel zwischen ihnen in natürlicher Grösse. Beim monoklinen System bildet er in der Symmetrieebene ab.

Zur Berechnung der Ecken ist es nöthig die Centraldistanz der Flächen einzuführen. Das geschieht so, dass Verf. dem Naumann'schen Zeichen der Form in ( ) ein Zeichen der Distanz beifügt z. B.  $m\bar{P}n$  ( $d = \frac{2}{3}$ ), das soll bedeuten:

1) Der ausführliche Titel lautet: Allgemeine Krystallbeschreibung auf Grund einer vereinfachten Methode des Krystallzeichnens bearbeitet und mit einer Anleitung zur Anfertigung der Krystallnetze und Krystallmodelle herausgegeben von Dr. Aug. Nies, Professor.

2) Vgl. Die Krystallographie in der Schule, Ztschr. f. math.-nat. Unterr. 1884, 15, 90.



Die Abschnitte, die das Symbol als  $na = b : mc$  anzeigt, sollen  $\frac{2}{3}$ fach genommen werden.  $dh = \frac{2}{3}na : \frac{2}{3}b : \frac{2}{3}mc$ . Für die Einzelflächen schreibt er Symbole in der Form  $A_n B C_m$  resp.  $A_{dn} B_d C_{dm}$ , die bedeuten, dass die Abschnitte der Flächen auf den A xen  $ABC = dna$ ,  $db$ ,  $dmc$  sind.

Die Einführung von Symbolen mit Berücksichtigung der Centraldistanz ist wichtig. Sie erinnert an den Vorschlag des Ref.: Index 1, 11.

Die Ausrechnung der Coordinaten  $xyz$  der Eckpunkte ist durchaus elementar. Verf. bedient sich für seine Hauptformel zwar der Form einer Determinante; doch setzt er, dem Bedürfniss der Schule gemäss, nicht die Kenntniss der Determinantenlehre voraus. Er benutzt sie nur, um das Resultat unmittelbar und einfach anschreiben zu können. Er zeigt, wie die Determinante auszurechnen ist und giebt neben ihr in jedem einzelnen Fall die expliciten Formeln.

Schneiden sich drei Flächen  $F_1 F_2 F_3$  in einer Ecke und sind die reciproken Axen Abschnitte von  $F_1 = a_1 b_1 c_1$ , von  $F_2 = a_2 b_2 c_2$ , von  $F_3 = a_3 b_3 c_3$ , die Centraldistanzen  $d_1 d_2 d_3$ , so dient zur Berechnung der Coordinaten  $xyz$  des Eckpunktes der drei Flächen die Determinante :

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \quad \text{mit den Unterdeterminanten} \quad \begin{matrix} \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 \\ \alpha_3 & \beta_3 & \gamma_3. \end{matrix}$$

Dann ist :

$$x = \frac{d_1 \alpha_1 + d_2 \alpha_2 + d_3 \alpha_3}{\Delta}; \quad y = \frac{d_1 \beta_1 + d_2 \beta_2 + d_3 \beta_3}{\Delta}; \quad z = \frac{d_1 \gamma_1 + d_2 \gamma_2 + d_3 \gamma_3}{\Delta}.$$

Verf. behandelt im Einzelnen die Gesamtformen mit Flächen gleicher Centraldistanz für die sechs Krystallssysteme, ihre Hemiëdrien und Tetartoëdrien, dann Combinationen von Flächen mit ungleicher Centraldistanz für die sechs Systeme.

Das folgende Kapitel giebt die Zeichnung von regelmässigen Verwachsungen, Zwillingen und Drillingen und es zeigt sich, dass sich auch solche complicirte Gebilde leicht und schulmässig nach Nies' Methode abbilden lassen.

Zum Herstellen der Krystallnetze und Modelle nimmt Verf. folgenden Weg. Er berechnet die Länge einer Kante oder Diagonale, den Abstand zweier Eckpunkte aus deren rechtwinkligen Coordinaten  $x_1 y_1 z_1$ ,  $x_2 y_2 z_2$  nach der Formel:

$$k = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}.$$

Er giebt dann eine einfache Vorschrift zur Durchführung der Construction und Beispiele aus dem regulären System.

Die Krystallnetze und Modelle haben an wissenschaftlichem Interesse immer mehr verloren, doch ist nicht zu verkennen, dass sie durch die Möglichkeit der Selbstherstellung ein ausgezeichnetes Mittel sind, den Schüler mit den räumlichen Gebilden vertraut zu machen.

Den Schluss des Buches bilden einige Untersuchungen über die geometrischen Eigenschaften der regulären Krystallformen: Inhalt, Oberfläche, Winkel.

Die vielen Figuren machen den Inhalt des Buches anschaulich und verständlich. Sie geben ein deutliches Bild von dem, was nach Nies' Methode geleistet werden kann. Sie werden nicht verfehlen, dem Buch Freunde unter denen zuzuführen, deren Aufgabe es ist, Schüler mit den Krystallformen vertraut zu machen. Aber auch vielen Mineralogen wird es willkommen sein, einen Weg zu haben, um rasch und leicht für sich oder beim Vortrag durch einfaches Abzählen auf quadrirter Tafel die Krystallformen zeichnen zu können.

Ref.: V. Goldschmidt.



## Autorenregister.

	Seite
W. Alexejeff, über ein neues Meteoreisen aus der Umgegend von Krasnojarsk .	525
Th. Andrews, Mikrometallographie des Eisens . . . . .	224
E. Artini, über den Apatit von Elba . . . . .	485
— krystallographische Untersuchung des methylfumarinsäuren Kaliums. .	486
H. Bäckström, Krystallform des Iridiumtetraminrichlorid . . . . .	312
— ein dem Pinakolith nahestehendes Mineral von Långban . . . . .	506
W. Barlow, über den Zusammenhang zwischen der morphologischen und der optischen Symmetrie in Krystallen. . . . .	246
C. Barrington Brown und J. W. Judd, die Rubine von Burma und die sie begleitenden Mineralien . . . . .	224
G. Bartalini, krystallographische Untersuchung einiger Vanadinalaune . . . .	495
M. Bauer, durchsichtiger blauer Spinell von Ceylon . . . . .	618
H. Baumhauer, neue Beobachtungen am Binnit und Dufrenoyisit. (Hierzu Taf. IX, Fig. 4—9). . . . .	545
J. Beckenkamp, zur Symmetrie der Krystalle. 5. Mittheilung. (Mit Taf. I und II und 1 Textfigur). . . . .	69
C. F. Becker, über die Substitutionstheorie in Almadén . . . . .	203
— über die Goldfelder der südlichen Apalachen . . . . .	325
A. Bensaude, Notiz über die Corrosion eines doppeltbrechenden Alauns . . . .	412
A. Bergeat, über einige bemerkenswerthe Rutilvorkommnisse von der Umgebung Freibergs . . . . .	614
Earl of Berkeley, über eine genaue Methode zur Dichtebestimmung fester Körper . . . . .	210
W. von Bezold, Bemerkungen zu der Abhandlung des Hrn. Mack »Ueber die Doppelbrechung elektrischer Strahlen«. . . . .	627
V. Biernacki, eine einfache objective Darstellung der Hertz'schen Spiegelversuche . . . . .	626
G. Bodländer, die Zusammensetzung des Polybasits . . . . .	527
L. Bombicci, Beschreibung der Exemplare von gediegenem Schwefel aus der Romagna im Museum von Bologna . . . . .	498
— krystallogenetische Bemerkungen . . . . .	499
T. G. Bonney, Notiz über conische Structur . . . . .	207
— und Miss C. A. Raisin, über die Gesteine und Mineralien der Diamantgruben bei Kimberley . . . . .	245
G. A. Borel, Untersuchungen über Brechung und Dispersion der ultravioletten Strahlen in einigen krystallisirten Substanzen . . . . .	403
J. C. Bose, über die Polarisation von elektrischen Strahlen durch doppeltbrechende Krystalle. . . . .	246
L. Brugnatelli, krystallographische Untersuchung einiger neuer Sulfonverbindungen. . . . .	496
— über die Krystallform des p-Dibromsulfobenzid . . . . .	497

	Seite
L. Brugnatelli, Linarit von der Grube S. Giovanni (Sardinien). (Mit 4 Textfigur)	307
J. Y. Buchanan, über die Anwendung des Globus in der Krystallographie . . .	223
K. Busz, Mittheilungen über Caledonit, Kamarezit, Breithauptit und Magnetkies . . .	610
F. J. P. van Calker, Beitrag zur Kenntniss des Pseudogaylussit und über dessen Vorkommen in Holland. (Hierzu Taf. IX, Fig. 40—45). . . . .	556
R. Camerer, über Totalreflexion des Lichtes an dichten (derben) krystallinischen Substanzen . . .	623
G. Cesàro, über die Bezeichnung am Gyps beobachteter Flächen mit complicirten Indices . . .	405
— über ein wahrscheinlich neues Silicat . . . . .	407
— Krystallform des $\alpha$ -Isodynopinakolin und seines Destillationsproductes . . . . .	407
— Zinnober von Rocheux . . . . .	408
— über die Aenderung der krystallographischen Axen . . . . .	440
— Zersetzungsproducte der Zinkblende durch kohlenaures Wasser . . .	444
— Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Petrographie . . .	477
— Die Auslöschungsschiefe auf den verschiedenen Flächen einer und derselben Zone, speciell der Prismenzone des Axinites . . . . .	484
F. Chaves, Beiträge zur Kenntniss der Mineralien von Maro . . . . .	203
K. v. Chrustschow, über reguläre Kieselsäurekrystalle . . . . .	527
A. H. Church, chemische Studien an einigen natürlichen Arseniaten und Phosphaten . . . . .	204
— ein basisches Ferrisulfat von Paris Mount, Anglesey . . . . .	205
F. W. Clarke, über einen Granat von Californien . . . . .	348
— die Constitution der Silicate . . . . .	326
J. N. Collie siehe W. Ramsay.	
J. M. Curran, Selen associirt mit Gold und Wismuth . . . . .	221
B. Doss, über Pseudomorphosen von Anatas nach Titanit im Syenit des Plauenschens Grundes . . . . .	613
P. Dudgeon, Vorkommen von Arsenkies in der Stewartry Kirkcudbright . . .	205
B. K. Emerson, ein mineralogisches Lexikon von Franklin, Hampshire und Hampdon Co., Massachusetts . . . . .	502
E. von Fedorow, Beitrag zur Sygonielehre. (Mit 7 Textfiguren) . . . . .	36
— über das compacteste regelmässige Kugelsystem. (Mit 4 Textfigur) . . .	232
— der Granat von den Turjinsk'schen Gruben. (Mit 44 Textfiguren) . . .	276
— nachträgliche Studien über Symmetriellehre. (Mit 3 Textfiguren) . . .	468
— Versuch einer Theorie der Thermodynamik der Krystalle. (Mit 2 Textfiguren) . . . . .	483
A. Fock, über die Löslichkeit von Mischkrystallen und die Grösse des Krystallmoleküls. (Mit 15 Textfiguren) . . . . .	337
W. M. Foote, über Leadhillitpseudomorphosen von Granby, Mo. . . . .	349
H. W. Foote siehe S. L. Penfield und J. H. Pratt.	
A. Frenzel siehe S. L. Penfield.	
A. C. Gill, Krystallform des Paranthracens . . . . .	505
K. Glinka, über eine neue Lagerstätte des Pyromorphits am Berge Bukuwka in der Nähe der Stadt Kieljze . . . . .	526
M. Goldberg siehe P. Jannettaz.	
V. Goldschmidt, über Entwicklung der Krystallformen. I. Theil. (Mit 9 Textfiguren) . . . . .	4
— über einen interessanten Fall der krystallinen Entschmelzung. (Hierzu Taf. III, Fig. 3—7) . . . . .	469
— über Entwicklung der Krystallformen. II. Theil. (Hierzu Tafel V bis VIII) . . . . .	444
F. Gräff, zur Kenntniss des Prehnit und Datolith vom Fuchsköpfe bei Freiburg i. Br. . . . .	648
L. Graetz und L. Fomm, über normale und anomale Dispersion elektrischer Wellen . . . . .	627
P. C. Habert, neue Zeolithvorkommnisse in den Centralalpen. . . . .	239
E. Hall, über die Bildung von Malachit. . . . .	221
G. Halle, neues vervollständigtes Dichroskop . . . . .	620

	Seite
A. Hamberg, Krystallform des Platoäthylsulfidjodids . . . . .	514
J. H. Hatch, über die goldführenden Conglomerate am Witwatersrand, Transvaal . . . . .	217
F. Heddle und Stuart Thomson, über das Vorkommen von Delessit in Can- tyre in Schottland . . . . .	207
H. Hedström, Krystallform einiger Hydroxylaminderivate . . . . .	514
W. F. Hillebrand, Calaverit vom Cripple Creek, Col. . . . .	320
C. Hintze, über krystallisirten Phenakit aus Schlesien . . . . .	174
W. H. Hobbs, Krystallform des Borneol und Isoborneol . . . . .	316
— mineralogische Notizen. . . . .	319
— Ein Beitrag zur Mineralogie von Wisconsin . . . . .	335
A. G. Högbom, Mineralien von Alnö . . . . .	506
— Beryll als Neubildung in einer Pseudomorphose nach Beryll . . . . .	506
G. Chr. Hoffmann, über ein bleiführendes Fahlerz . . . . .	321
— chemische Beiträge zur Geologie Canadas . . . . .	322
P. J. Holmquist, Krystallform des (1)-Phenyl-(3)-paraoxyphenyl-(5)-cyan- triazol . . . . .	513
A. P. Hoskins, über die Zusammensetzung des Glaukonits . . . . .	214
E. O. Hovey, Notizen über einige Mineralien von »Washington Heights, New York City« . . . . .	334
E. Hussak und G. T. Prior, Lewisit und Zirkelit, zwei neue brasilische Mi- neralien . . . . .	212
L. J. Igelström, Gersbyit und Munkrudit, zwei neue Mineralien vom Kirchspiel Ransäter, Gouvernement Wermland, Schweden . . . . .	310
P. Jannettaz und M. Goldberg, Härtebestimmungen mit dem Usometer . . .	403
P. v. Jeremejeff, über einige neue Krystallformen und die innere Structur des Zirkons aus dem Ilmengebirge und den Goldseifen des Kyschtsimschen Bergreviers im Ural . . . . .	519
— über vier Pseudomorphosen aus uralischen Fundorten . . . . .	521
— über die Absonderungsflächen von Krystallen des Eisenglanzes, Diop- sids, Klinochlors und Antimonglanzes . . . . .	524
— über Beryllkrystalle aus dem Ilmengebirge, der Umgegend von Mur- sinka am Ural und dem Kuchuserkensgebirge im Nertschinskischen Bezirke . . . . .	522
— über die Krystalle des Zinnsteines, Zirkons, Granats, Amphibols, Epidots, Cyanits, Stauroliths und Zinnobergerölle aus der Goldseife am Flusse Suchaja im Nertschinskischen Bezirke . . . . .	523
— über ästige Krystallverwachsungen von gediegenem Silber aus der Ur- jumsk'schen Goldseife im Nertschinskischen Bezirke . . . . .	524
— über einen neu aufgefundenen Diamantkrystall aus dem südlichen Ural (Julia'sche Goldseife am Fl. Kamjenka, Sanarka'sches System) . . . . .	524
— über Pseudomorphosen von Brauneisenstein und Göthit nach verschie- denen Mineralien russischer Fundorte . . . . .	524
— über Goldkrystalle aus dem Gebiete der Don'schen Kosaken, des Monet- naja-Reviers am Ural, der Olekma'schen Gruben und vom Flusse Sujenga im Altai'schen Kreise . . . . .	525
— über einen Fluorapatitkrystall aus den Smaragdgruben am Ural . . . .	525
— über ein Aggregat von Gypskrystallen aus den Sanden des transkaspis- chen Gebietes (zwischen Merw und dem linken Ufer von Amu-Darja) . . .	527
H. J. Johnston-Lavis, über Fluoride, Silicate und Oxyde, die bei niedrigen Temperaturen entstehen . . . . .	214
J. W. Judd, über Structurflächen des Korunds . . . . .	208
— über einige derbe Mineralvorkommen aus Indien und Australien . . .	208
— siehe auch C. Barrington Brown.	
A. Karnojitzky, über eine Sammelreise nach den Mineralgruben des Central- Ural . . . . .	527
J. F. Kemp, krystalliner Kalk, Opicalcit und begleitende Schiefer aus den öst- lichen Adirondack-Bergen . . . . .	322
E. Ketteler, Ableitung der Gleichungen der elektromagnetischen Lichttheorie aus den Erfahrungsthatfachen der Krystalloptik . . . . .	630
— die Gesetze der Lichtbewegung in absorbirenden Krystallen . . . . .	630

E. Kettler, eine neue Form der Gesetze der Lichtbewegung in absorbirenden Krystallen und ihre Anwendung auf die Theorie der Totalreflexion an durchsichtigen Krystallen . . . . .	630
E. Kidwell, über eine Steinbrechmaschine . . . . .	346
G. F. Kinahan, über Aluminiumerze in Antrim . . . . .	215
Kleefeld, fluorescirende Opale . . . . .	649
L. L. de Koninck, über ein künstliches wasserhaltiges Magnesiumsilicat . . . . .	444
A. Lagorio, über Lembergite und mit demselben verwandte Verbindungen . . . . .	526
G. La Valle, krystallographische Untersuchung einiger organischer Verbindungen . . . . .	492
P. Lebedew, über die Doppelbrechung der Strahlen elektrischer Kräfte . . . . .	626
G. Lindström, Analyse des Edingtonit von Bölet . . . . .	512
A. Liversidge, Vorkommen von Gold in dem »Hawkesbury«-Gesteinen bei Sydney . . . . .	218
— Boleit, Nantokit, Kerargyrit und Cuprit von Brokenhill . . . . .	218
— Structur von Goldklumpen . . . . .	249
— über einige neusüdwälsche und andere Mineralien . . . . .	220
— Gold und Silber im Seewasser . . . . .	224
— abgekürzte Namen für Krystallformen . . . . .	222
Th. Loewinson-Lessing, über den Pyrophyllit von Pyschmink (Beresowsk) im Ural . . . . .	516
S. M. Losanitsch, Milosin, Alexandrolith und Avalit . . . . .	248
D. Lovisato, über den Turmalin von Caprera . . . . .	483
— über einige Mineralien von Su Porru zwischen Fonni und Cereboi in Sardinien . . . . .	484
L. Mc J. Luquer und G. J. Volckering, Soldalithanalysen von drei neuen Vorkommen . . . . .	347
K. Mack, Doppelbrechung elektrischer Strahlen . . . . .	624
— über die Doppelbrechung der elektrischen Strahlen . . . . .	625
H. Marshall, actives Hydrogen-Ammonium-Aethoxysuccinat . . . . .	222
J. S. Martin, über Eisenglanz von Bovey Tracey . . . . .	245
W. D. Matthew, Monazit und Orthoklas vom »South Lyme, Conn.« . . . .	334
G. P. Merrill, Bemerkungen über Asbest und asbestähnliche Mineralien . . . . .	336
— der Onyx-Marmor . . . . .	336
E. Merritt, über den Dichroismus von Kalkspath, Quarz und Turmalin für ultraroth Strahlen . . . . .	630
T. Moore, die »Chocoladen«-Nickelerze in Neucaledonien . . . . .	249
A. J. Moses, mineralogische Notizen . . . . .	333
O. Mügge, regelmässige Verwachsung von Pyrit mit Fahlerz in Pseudomorphosen nach letzterem . . . . .	528
— über regelmässige Verwachsungen von Barytocalcit und Witherit und über eine besondere Varietät des Baryt . . . . .	644
— zur Kenntniss der optischen Eigenschaften des Syngenit . . . . .	617
— über die Plasticität der Eiskrystalle . . . . .	632
A. G. Nathorst, Achat als Spaltenfüllung in dem Varberg-Granit . . . . .	506
L. F. Navarro, die Sammlung spanischer Mineralien im »Museo de Historia Natural« . . . . .	201
G. B. Negri, krystallographische Untersuchung der Verbindungen des Phenylcumalins mit Phenolen . . . . .	493
A. Nies, Krystallbeschreibung . . . . .	636
W. Niven, über einen neuen Fundort von Xenotim, Monazit etc. auf Manhattan Island . . . . .	348
O. Nordenskiöld, krystallographische und optische Untersuchung von Edingtonit . . . . .	512
C. Ochsenius, verschiedene Grade von Durchsichtigkeit an einzelnen Chloratriumkrystallen. (Mit 4 Textfigur) . . . . .	305
R. L. Packard, über das Vorkommen von Kupfer im westlichen Idaho . . . . .	322
W. Palmaer, Krystallform einiger Iridiumverbindungen . . . . .	514
R. Panebianco, über Blutkrystalle . . . . .	498
— über den Pleochroismus des Hämins . . . . .	498



	Seite
J. Park, seltene Mineralien von Neuseeland . . . . .	218
F. Paschen, über die Wellenlängenscala des ultrarothten Flussspathspectrums . . . . .	628
— Dispersion und Dielektricitätsconstante . . . . .	629
S. L. Penfield, über die chemische Zusammensetzung des Hamlinit und sein Vorkommen mit Bertrandit in Oxford County, Maine. (Mit 2 Textfiguren) . . . . .	588
— und H. W. Foote, über Rößlingit, ein neues, schweflige Säure und Blei enthaltendes Silicat von Franklin Furnace, N. J. . . . .	578
— und H. W. Foote, über Bixbyit, ein neues Mineral, und Notiz über den begleitenden Topas. (Mit 4 Textfiguren) . . . . .	592
— und H. W. Foote, Notiz über die Zusammensetzung des Ilmenit . . . . .	596
— und A. Frenzel, über die Identität des Chalkostibit (Wolfsbergit) mit Guejarit und über Chalkostibit von Huanchaca, Bolivia. Mit einem Zusatz von A. Frenzel. (Hierzu 4 Textfiguren) . . . . .	598
E. Philippi, Zwillingsslamellirung am Schwerspath von Primaluna . . . . .	619
L. V. Pirsson, Pyroxen von Montana. . . . .	333
W. J. Pope, Die Refractionsconstanten krystallisirter Salze . . . . .	113
— eine Acetonverbindung der Camphersäure. (Mit 4 Textfigur) . . . . .	128
D. A. Porter, Mineralien und Minerallocalitäten in nördlichen Gebieten von Neu-Süd-Wales . . . . .	217
J. H. Pratt, Doppelhaloide von Cäsium, Rubidium, Natrium und Lithium mit Thallium . . . . .	315
— und H. W. Foote, über Wellsit, ein neues Mineral. (Mit 3 Textfiguren) . . . . .	581
G. T. Prior und L. J. Spencer, über Augelith. (Mit 4 Textfigur) . . . . .	205
— siehe auch E. Hussak.	
E. F. Pitman, über zwei neue Mineralien der australischen Brokenhill Consols-Grube . . . . .	219
Miss C. A. Raisin siehe T. G. Bonney.	
W. Ramsay, J. N. Collie und M. Travers, Helium in Mineralien . . . . .	222
A. Righi, Doppelbrechung der elektrischen Wellen im Gyps. . . . .	185
— über die Doppelbrechung der elektrischen Strahlen . . . . .	625
H. Rubens, Die Ketteler-Helmholtz'sche Dispersionsformel . . . . .	628
E. Scacchi, krystallographische Untersuchung einiger Nitrophenylzimmtsäuren und ihrer Derivate. . . . .	186
W. H. Sherzer, gediegener Schwefel in Michigan . . . . .	321
Hj. Sjögren, Untersuchungen an schwedischen Mineralien . . . . .	507
— Celsian, ein dem Anorthit entsprechender Baryumfeldspath von Jakobsberg . . . . .	511
H. G. Smith, Almandin im »Hawkesbury«-Sandstein bei Sydney . . . . .	217
G. O. Smith, über Krystalle von Skapolith, Gyps und Fayalit . . . . .	336
W. J. Sollas, Krystallform von Riebeckit . . . . .	223
L. J. Spencer, Enargit. . . . .	210
— siehe G. T. Prior.	
J. G. Spenser, $\beta$ -Bromvaleriansäure. . . . .	344
G. Spezia, über den Druck bei der Einwirkung des Wassers auf Apophyllit und Glas . . . . .	200
— über den Druck bei der Einwirkung des Wassers auf Quarz. . . . .	200
F. Stöber, über Epidot von Quenast und Baryt von Fleurus. . . . .	106
— über künstlichen Cotunnit . . . . .	108
— über die Bestimmung der Brechungsindices von Prismen mit grossem brechenden Winkel . . . . .	109
Tadasu Kiki, über den Topas von Mino . . . . .	505
K. Thaddéeff, die chemische Zusammensetzung und das specifische Gewicht des Sulfoborits . . . . .	264
Stuart Thomson siehe F. Heddle.	
A. Thorpe, Analyse von Monazit aus Nord-Carolina . . . . .	222
S. J. Thugutt, zur Chemie einiger Alumosilicate. . . . .	620
M. Tolstopyatow, über die Einschlüsse von Topaskrystallen vom Ural, von Brasilien und Sachsen . . . . .	517
M. Travers siehe W. Ramsay.	
H. W. Turner, weitere Notizen über die Golderze von Californien . . . . .	314

C. Viola, über ein Universalinstrument für Krystallographie. (Hierzu Taf. III, Fig. 1 u. 2) . . . . .	465
— über den Aragonit von Sicilien und seine Structur. (Hierzu Tafel IV) . .	225
— über Homogenität . . . . .	452
— das Vorkommen von Lawsonit in der Basilicata (Unteritalien) . . . .	553
— über Aetzfiguren am Gyps. (Hierzu Taf. X) . . . . .	573
G. J. Volckening siehe L. Mc. J. Luquer.	
B. Walter, die Oberflächen- oder Schillerfarben. . . . .	632
E. Weinschenk, Beiträge zur Mineralogie Bayerns . . . . .	435
1. Vorkommnisse aus den Graphitlagerstätten nordöstlich von Passau .	436
2. Der sogenannte Anthophyllit von Bodenmais . . . . .	460
3. Spessartin von Aschaffenburg. . . . .	462
— über den Graphitkohlenstoff und die gegenseitigen Beziehungen zwischen Graphit, Graphitit und Graphitoid . . . . .	294
H. A. Wheeler, neue Beiträge zur Mineralogie von Missouri . . . . .	335
— Bemerkung über ein Vorkommen von Blende in Lignit . . . . .	335
A. Wichmann, über den Breislakit. (Hierzu Tafel IX, Fig. 4—3) . . . . .	529
— über die angebliche Fluorescenz des Edelopals. . . . .	649
W. F. Wilkinson, Mineralvorkommnisse in Anatolien (Kleinasien) . . . . .	222
P. Zemjattschensky, kurze vorläufige Mittheilung über die Reise nach Kaukasien im Sommer 1894. . . . .	526

# Sachregister.

## A.

Acetylphthalylhydroxylamin 492.  
 Acetylsuccinylhydroxylamin 492.  
 Achat in Varberg-Granit 506.  
 Aequivalentrefraction 422.  
 Aktinolith von Canada 323.  
 Alaun, Aetzung 412.  
 —, Brechungsind. ultraviolett, Strahlen 404.  
 Alexandrolith 218.  
 Alkalisulfate, Molekularrefraction 418.  
 Allohydroparanitrophenylzimmtsäure 488.  
 Allometanitrophenylzimmtsäures Baryum 489.  
 Allylmethoxythioharnstoff 543.  
 Almandin von Aschaffenburg 463.  
 — von Australien 217.  
 — von Massachusetts 503.  
 Altaït von Brit.-Columbia 325.  
 Aluminiumerze von Antrim 215.  
 Alumosilicate, Zersetzbarkeit durch Alkalien 620.  
 Ammoniumalaun, Brechungsind. ultraviolett, Strahlen 404.  
 Ammoniumbromid, isomorphe Mischung m. Kaliumbromid 355.  
 Ammonium-Cadmiumchlorid, isomorphe Misch. m. Kalium-Cadmiumchlorid 390.  
 Ammoniumchlorid, isomorphe Mischung m. Kaliumchlorid 354.  
 Ammonium-Kupfersulfat, isomorphe Mischung m. Ammonium-Nickelsulfat 393.  
 —, isom. Misch. m. Kalium-Kupfersulfat 390.  
 —, isom. Misch. m. Kalium-Zinksulfat 394.  
 Ammonium-Nickelsulfat, isom. Misch. m. Kalium-Kupfersulfat 393.  
 Ammoniumsulfat, isomorphe Mischung m. Kaliumsulfat 372.  
 Ammonium-Zinksulfat, isomorphe Mischung m. Zinksulfat 394.  
 Anatas, pseudomorph nach Titanit von Dresden 613.  
 Anatolien, Mineralien 222.  
 Andalusit von Spanien 204.

Andradit von Canada 323.  
 Anhydrit von Massachusetts 502.  
 Anomalie, opt., des Granat 282.  
 Anorthit, thermische Ausdehnung 490.  
 Anthophyllit von Bodenmais 460.  
 Antimonnickel 612.  
 Antimonsilber von Spanien 204.  
 Apatit von Broken Hill 220.  
 — von Capo di Bove 540.  
 — von Connecticut 320.  
 — von Elba 485.  
 — von Passau 444.  
 — vom Ural 525.  
 Apophyllit, Einwirkung des Wassers 200.  
 — von Tirol 254.  
 Aragonit von Sicilien 225.  
 Arquerit von Canada 325.  
 Arseneisen von Canada 324.  
 Arsenkies von Schottland 205.  
 — von Spanien 204.  
 Arsenopyrit von Wisconsin 335.  
 Asbest 336.  
 Atakamit von Arizona 334.  
 Atomrefraction 422.  
 Auflösung d. Kryst., Zusammenhang m. d. elektr. Polarität 96.  
 Augelith von Bolivia 205.  
 Augit, Bildung b. niedr. Temp. 214.  
 — von den Adirondacks 322.  
 — von Montana 333.  
 Ausdehnung d. Krystalle d. d. Wärme 483.  
 Auslöschungsrichtungen 481.  
 Avalit 218.  
 Axentransformation 440.  
 Axinit 508.  
 —, Auslöschungsrichtungen 482.  
 Azurit von Spanien 204.

## B.

Babingtonit von Massachusetts 502.  
 Barklyit 220.  
 Baryt, Aetzfiguren 85.  
 —, Auflösung u. Bildung der Krystalle 94.

Baryt, elektrisches Verhalten 78.  
 —, geometr. Eigenschaften 69.  
 —, Härtebestimmungen 103.  
 —, Krystallstructur 92.  
 — von England 646.  
 — von Fleurus 407.  
 — von Michigan 349.  
 — von Primaluna 649.  
 — von Spanien 204.  
 Barytocalcit, Verwachsung mit Baryt 644.  
 Baryumformiat, isomorphe Mischung m. Bleiformiat 382.  
 Baryumnitrat, isomorphe Mischung m. Bleinitrat 365.  
 Batavit 441, 457.  
 Benzol, spec. Gew. 267.  
 Berechnung der Symbole von Flächen 51.  
 Bertrandit von Maine 594.  
 Beryll von New England 220.  
 — von Sibirien 523.  
 — vom Ural 522.  
 Beryllpseudomorphose v. Moss 506.  
 Bildung der Krystalle, Zusammenhang m. d. elektr. Polarität 97.  
 Bildungsgesetze der Krystallflächen 47.  
 Binnit 545.  
 Biotit von Massachusetts 502.  
 Bixbyit 592.  
 Bleichlorid 408.  
 Bleiformiat, isomorphe Mischung m. Baryumformiat 382.  
 Bleiglanz, Zn-haltig, von Broken Hill 220.  
 — von Spanien 204.  
 Bleihyposulfat, isomorphe Mischung m. Strontiumhyposulfat 388.  
 Bleinitrat, isomorphe Mischung m. Baryumnitrat 365.  
 —, isom. Misch. m. Strontiumnitrat 370.  
 Blutkrystalle 498.  
 Boleit von Broken Hill 248.  
 Borneol 346.  
 Botryogen von Falun 540.  
 Bournonit von Bolivia 207.  
 — von Spanien 202.  
 Brechungsindices von Prismen m. grossem brechenden Winkel 109.  
 Brechweinstein 334.  
 Breislakit 529.  
 Breithauptit 612.  
 Brogniartit von Spanien 202.  
 Broken Hill, Mineralien 249, 220.  
 $\beta$ -Bromvaleriansäure 344.  
 Buntkupfererz von Idaho 322.  
 — von Spanien 202.

## C.

Cäsiumthalliumchlorid 345, 346.  
 Calaverit von Colorado 320.  
 Calcit, Entwicklung d. Formensystems 441.  
 —, thermische Ausdehnung 499.  
 — von Wisconsin 335.

Caledonit von Leadhills 640.  
 Camphersäure-Acetonverbindung 428.  
 Camphersäure-Anhydrid 130.  
 Celsius 511.  
 Cerussit von Montana 349.  
 Chabasit von Tirol 243.  
 Chalkostibit von Bolivia 602.  
 — von Spanien 600.  
 — von Wolfsberg 599.  
 Chiasolith von Spanien 204.  
 Chloritoid von Michigan 349.  
 Chlornatrium, Krystallbildung 305.  
 Chloropal 453.  
 Chlorsilber von Broken Hill 249.  
 Chondroit von Passau 450.  
 Chrommagnesiaglimmer von Canada 325.  
 Clarit 244.  
 Cölestinpseudomorphosen 568.  
 Complication 44.  
 Conische Structur 207.  
 Cookeit von Brit.-Columbien 324.  
 Copiapit von Falun 509.  
 Cotunnit, künstlicher 408.  
 Cuprit von Broken Hill 248.  
 — von Canada 325.

## D.

Damourit von Brit.-Columbien 324.  
 Datolith von Massachusetts 503.  
 — vom Schwarzwald 648.  
 Delessit von Schottland 207.  
 Desmin von Tirol 246.  
 Diäthyloxythioharnstoff 543.  
 Diallag von Canada 324.  
 Diamant vom Ural 524.  
 Diamantgruben von Kimberley, deren Mineralien 245.  
 Dibromsulfobenzid 497.  
 Dichroskop 620.  
 Dichtebestimmung 240.  
 Digonales System 38.  
 Diopsid vom Ural 522.  
 Dispersion elektrischer Wellen 627.  
 Dispersionsformel von Ketteler u. Helmholtz 628.  
 Dolomit von Spanien 204.  
 Domeykit von Spanien 204.  
 Dominante 25.  
 Doppelbrechung elektrischer Strahlen 624, 625, 626, 627.  
 — elektrischer Wellen 485.  
 Doppelsulfate, Molekularrefraction 449.  
 Drusite 279.  
 Dufrenoyit 551.  
 Dumortierit von New York 335.

## E.

Edingtonit von Bölet 542.  
 Eis, Molekularrefraction 446.  
 —, Plasticität 632.  
 Eisen, Structur 224.



Eisen von Canada 324.  
 Eisenglanz, Entwicklung der Formen 32.  
 — von Brasilien 243.  
 — von Devonshire 245.  
 — von Spanien 203.  
 — vom Ural 524.  
 Elektrische Strahlen, Doppelbrechung 624,  
 625, 626, 627.  
 Elektrische Wellen, Dispersion 627.  
 Elektromagnetische Lichttheorie 630.  
 Elementarparallelepiped 457.  
 Enargit 240.  
 — von Montana 334.  
 — v. d. Philippinen 203.  
 Entschmelzung 469.  
 Entwicklung der Krystallformen 4, 444.  
 Entwicklungssymbole 423.  
 Epidot von Quenast 406.  
 — von Sardinien 484.  
 Euchroit, chem. Zusammens. 204.  
 Excentrische Symbole 27.

## F.

Färbung des Quarzes 442.  
 Fahlerz, Verwachsung mit Pyrit 528.  
 — von Brit.-Columbien 324.  
 — von Spanien 202.  
 Fayalitschlacke 336.  
 Ferrisulfat, basisches 205.  
 Fibrolith von Indien 209.  
 Flächenausbildung 424.  
 Flächensymbole, Berechnung 51.  
 Fluoradelit 508.  
 Fluorapatit vom Ural 525.  
 Flussspath, Dielektricitätsconstante 629.  
 —, ultraroths Spectrum 628.  
 Forsterit von Passau 445.  
 Freieslebenit von Spanien 202.  
 Fuchsin, Oberflächenfarben 635.  
 Furfuraldoxime 469.

## G.

Gaylussitpseudomorphosen 558, 560.  
 Gedrit von Massachusetts 503.  
 Gersbyit 310.  
 Gersdorffit von Spanien 204.  
 Glas, Einwirkung des Wassers 200.  
 Glaukonit 214, 526.  
 Glimmer, Bildung b. niedr. Temp. 214.  
 Globus, Anwendung in der Krystallographie  
 223.  
 Göthitpseudomorphosen von Russland 524.  
 Gold v. d. Appalachen, begleit. Mineralien  
 325.  
 — von Australien 248.  
 — von Californien 314.  
 — von Russland 525.  
 — im Seewasser 224.  
 — vom Witwatersrand 217.  
 Goldklumpen, Structur 219.  
 Granat, Entwicklung des Formensystems  
 447.

Granat von Californien 318.  
 — von N. S. Wales 209.  
 — von N. York 335.  
 — von Turjinsk 276.  
 Graphit 294.  
 —, Entstehung 454.  
 — von Passau 436, 445, 449.  
 Graphitit 293.  
 Graphitoid 302.  
 Graphitsäure 440, 296.  
 Grossular von Canada 323.  
 Guejarit 202.  
 —, Identität m. Chalkostibit 598.  
 Gyps, Aetzfiguren 573.  
 —, Flächen m. complic. Indices 405.  
 — von Merw 527.  
 — von Utah 336.

## H.

Habituswechsel 45.  
 Hämin 498.  
 Härtebestimmungen 403.  
 Häufigkeit der Krystallformen 24.  
 Halit von Massachusetts 503.  
 Hamlinit 588.  
 Harnstoff 383.  
 Hedenbergit von Sardinien 484.  
 Helium in Mineralien 222.  
 Hessonit von Connecticut 320.  
 Heulandit von Tirol 250.  
 Höfe, Flächenpole 422.  
 Homogenität 452.  
 Hornblende, Bildung b. niedr. Temp. 214.  
 — von Bodenmais 460.  
 — von Brit.-Columbien 323.  
 — von Passau 457.  
 Hydrogen-Ammonium-Aethoxysuccinat  
 222.  
 Hydrozinkit 411.

## I.

Idokras, Discussion des Formensystems  
 426, 440.  
 Ilmenit von Queensland 220.  
 — von Warwick, N. Y. 597.  
 Influenzirte Formen 8.  
 Inversionscentrum 466.  
 Iridiumhexaminchlorid 545.  
 Iridiumhexaminnitrat 545.  
 Iridiumpentaminbromonitrit 544.  
 Iridiumpentamintrijodid 545.  
 Iridiumtetramintrichlorid 312.  
 Isoborneol 317.  
 $\alpha$ -Isodynopinakolin 407.  
 Isoëdrie 435.  
 Isotrope Zone 40.  
 —, Constatirung derselben 60.

## J.

Jamesonit von Canada 325.

## K.

- Kakoxen, chem. Zusammens. 205.  
 Kaliumalaun, Brechungsind. ultravioletter Strahlen 404.  
 —, isomorphe Mischung mit Thalliumalaun 396.  
 Kaliumbromid, isom. Misch. m. Ammoniumbromid 353.  
 —, isom. Misch. m. Kaliumchlorid 358.  
 —, — — — Kaliumjodid 362.  
 Kalium-Cadmiumchlorid, isom. Misch. m. Ammonium-Cadmiumchlorid 390.  
 Kaliumchlorid, isom. Misch. m. Ammoniumchlorid 354.  
 —, isom. Misch. m. Kaliumbromid 358.  
 Kaliumchromat, isom. Misch. m. Kaliumsulfat 378.  
 Kaliumjodid, isom. Misch. m. Kaliumbromid 362.  
 Kalium-Kupfersulfat, isom. Misch. m. Ammonium-Kupfersulfat 390.  
 Kaliumnitrat, isom. Misch. m. Silbernitrat 405.  
 —, isom. Misch. m. Thalliumnitrat 363.  
 Kaliumperchlorat, isom. Misch. m. Kaliumpermanganat 402.  
 Kaliumpermanganat, isom. Misch. m. Kaliumperchlorat 402.  
 Kaliumsulfat, isom. Misch. m. Ammoniumsulfat 372.  
 —, isom. Misch. m. Kaliumchromat 378.  
 Kalkspath, Dichroismus f. ultraroth Strahlen 630.  
 Kamarezit 644.  
 Kaolin, Zersetzbarkeit durch Alkalien 622.  
 Kerargyrit von Broken Hill 248.  
 Kieselsäure, reguläre 527.  
 Kieselzinkerz von Brit.-Columbien 325.  
 Klinochlor von Canada 323.  
 Klinoklas, chem. Zusammensetzung 204.  
 Knoten der Zonenlinien 4.  
 Kobaltglanz von Spanien 204.  
 Korund, Structurflächen 208.  
 Korundgestein von Indien 208.  
 Kraftsphäre 444.  
 Krokoit von Tasmanien 220.  
 Krystallbeschreibung 636.  
 Krystallformen, Nomenclatur 222.  
 Krystallmolekül, Grösse 337.  
 Krystallogenes 499.  
 Krystallzeichnung 636.  
 Kubische Syngonie, Prüfung derselben 53, 55.  
 Kugelsystem, d. compacteste regelmässige 232.  
 Kupferglanz von Spanien u. Col. 204.  
 Kupferindig von Luzon 204.  
 Kupferkies von Cuba 202.  
 — von Turjinsk 277.  
 Kupfersulfat, isomorphe Misch. m. Nickelsulfat 385.

## L.

- Lautit 244.  
 Lawsonit von Unteritalien 533.  
 Leadhillitpseudomorphosen von Missouri 319.  
 Lembergit 526.  
 Lepidolith von Brit.-Columbien 325.  
 Lepidomelan von Canada 323.  
 Lewisit 242.  
 Limonitpseudomorphosen v. Russland 524.  
 Linarit von Sardinien 307.  
 Lirokonit, chem. Zusammens. 204.  
 Lösungen, Theorie der festen L. 337.  
 Luzonit 244.

## M.

- Magnesit von Spanien 204.  
 Magnesiumplatincyanür, Oberflächenfarben 635.  
 Magnesiumsilicat, wasserhaltig 444.  
 Magnesiumsulfat, Brechungsind. ultravioletter Strahlen 405.  
 Magnetkies von Andreasberg 642.  
 Magnetopyrit von Turjinsk 277.  
 Malachit, Bildung 224.  
 — von Spanien 204.  
 Mandelsaure Salze 398.  
 Manganerze von Spanien 204.  
 Manganit von Michigan 349.  
 Mariposit 345.  
 Mauzeliit 540.  
 Melanit von Alnö 506.  
 Metalle, Oberflächenfarben 632.  
 Meteoriten von Krasnojarsk 525.  
 Methylfumaraminsäures Kalium 486.  
 Milosin 248.  
 Mischkrystalle, Löslichkeit 337.  
 Mittel, räumliches 47.  
 Mohs'sches Gesetz 28.  
 Molekularrefraction krystallisirter Substanzen 443.  
 Molybdänglanz von N. S. Wales 224.  
 Monazit von Brasilien 243.  
 — von Connecticut 334.  
 — von N. Carolina 222.  
 — von N. York 348, 335.  
 Munkrudit 340.

## N.

- Naphtalin 404.  
 Naphtalinsulfonsäure-Methyläther 496, 497.  
 Naphtol 404.  
 Naphtylmethylsulfon 496.  
 Natriumchlorat, Brechungsind. ultravioletter Strahlen 404.  
 Nephelin, Zersetzbarkeit d. Alkalien 622.  
 Neuseeland, Mineralien 248.  
 Neu-Süd-Wales, Mineralien 247.  
 Nickelerze von Neu-Caledonien 249.  
 Nickelsulfat, isomorphe Misch. m. Kupfersulfat 385.

Nitrophenylzimmtsäuren 486.  
 Nitrophenylzimmtsäuremethyläther 490,  
 494.  
 p-Nitrophenylzimmtsaures Baryum 490.  
 o-Nitrophenylzimmtsaures Natrium 488.  
 Nontronit von Passau 452.

## O.

Oberflächenfarben 632.  
 Oligoklas von Passau 441.  
 Onyxmarmor 336.  
 Opal, Fluoreszenz 649.  
 Opticalcit von den Adirondacks 322.  
 — von Passau 444.  
 Orthogonale Zone 39.  
 —, Constatirung derselben 56.  
 Orthoklas, pseudotetragonal 64.  
 —, thermische Ausdehnung 486.  
 — von Alnö 506.

## P.

Paraffin, Brechungsindices 623.  
 Parameter der Zone 44.  
 Paranthracen 505.  
 Pargasit von Passau 448.  
 Partikel, molekularer Aufbau 6.  
 Periklas von Långban 508.  
 Pharmakolith, chem. Zusammens. 205.  
 Phenakit von Striegau 474.  
 Phenylcumalin 494.  
 — -Hydrochinon 494.  
 — -Pyrocatechin 493.  
 — -Resorcin 493.  
 Phenylparaoxyphenylcyantriazol 544.  
 Phenylurethan 473.  
 Phlogopit von Passau 447.  
 Picotit von N. S. Wales 209.  
 Pinakolith-ähnliches Mineral von Långban  
 506.  
 Platin von Brit.-Columbien 322.  
 Platoäthylsulfonjodid 544.  
 Polarisation elektrischer Strahlen 246.  
 Polybasit 527.  
 Prehnit vom Schwarzwald 648.  
 — von Tirol 238.  
 Primärkräfte 444.  
 Primitive Symmetrieelemente 470.  
 Pseudogaylussit von Holland 536.  
 Pseudokubische Syngonie 53.  
 Pseudomorphosen vom Ural 524.  
 Pseudopyrophyllit 546.  
 Pseudosymmetrie 62.  
 Pyrargyrit von Brit.-Columbien 325.  
 — von Spanien 202.  
 Pyrit von Spanien 204, 203.  
 Pyritpseudomorphosen 528.  
 Pyroelektricität, Versuch einer mechan.  
 Veranschaulichung 98.  
 Pyromorphit von Russland 526.  
 Pyrophyllit 546.  
 Pyroxen, Auslöschungsrichtungen 482.  
 Pyrrhotin von Andreasberg 612.

## Q.

Quarz, Dichroismus f. ultraroth Strahlen  
 630.  
 —, Einwirkung des Wassers 200.  
 —, Entwicklung der Formen 32.  
 —, Formensystem 448.  
 —, Härtebestimmungen 403.  
 —, blauer, von Passau 442.  
 — von Spanien 203.  
 — von Wisconsin 335.  
 Quarzpseudomorphosen von New Jersey  
 334.  
 Quiroguait 202.

## R.

Rangordnung der Krystallflächen 48.  
 Refraktionsconstanten krystallisirter Salze  
 443.  
 Reguläre Systeme 37.  
 Richtungszwillinge 78, 85, 94.  
 Riebeckit von Irland 223.  
 Rößlingit 578.  
 Rosenquarz, Ursache der Färbung 443.  
 Rubidiumpermanganat, isomorphe Misch.  
 m. Kaliumpermanganat 404.  
 Rubidiumthalliumchlorid 345, 346.  
 Rubin von Burma 224.  
 Rutil von Brasilien 243.  
 — von Freiberg 644.  
 — von Passau 444.

## S.

Schillerfarben 632.  
 Schwefel, Doppelbrechung der elektrischen  
 Strahlen 626.  
 — von Michigan 324.  
 — a. d. Romagna 498.  
 Selen, assoc. m. *Au* u. *Bi* 224.  
 Sericit von Brit.-Columbien 324.  
 Serpentin von Massachusetts 504.  
 — im Kalk von Passau 444.  
 Serpentinpseudomorphosen von Nordmar-  
 ken 509.  
 Silber von Canada 325.  
 — im Seewasser 224.  
 — von Sibirien 524.  
 Silbernitrat, isomorphe Misch. m. Kalium-  
 nitrat 405.  
 Silicate, Constitution 326.  
 —, wahrscheinlich neues, von Edwards,  
 N. Y. 407.  
 Skapolith von Canada 336.  
 Skelettbildung, Folge elektr. Polarität der  
 Moleküle 98.  
 Skolezit von Tirol 252.  
 Smithsonit von Spanien 204.  
 Sodalith 347.  
 —, Zersetzbarkeit d. Alkalien 624.  
 Specif. Gew.-Bestimmungen 265.  
 Spessartin von Aschaffenburg 462.

Spinell von Canada 325.  
 — von Ceylon 618.  
 — von Passau 146.  
 Steinbrechmaschine 316.  
 Steinsalz, Brechungsindices ultravioletter Strahlen 104.  
 —, Krystallbildung 305.  
 Stephanit von Spanien 203.  
 Stolzit von Massachusetts 504.  
 Strontianit von Canada 324, 325.  
 Strontiumhyposulfat, isomorphe Mischung m. Bleihyposulfat 388.  
 Strontiumnitrat, isomorphe Mischung m. Bleinitrat 370.  
 Structur, homogene 455.  
 — der kubischen Krystalle 235.  
 Structurarten, wahrscheinliche u. unwahrscheinliche 237.  
 Structurzwillinge 78.  
 Succinylhydroxylamin 193.  
 Sulfoborit 264.  
 Sulfoharnstoff 383.  
 Symmetrie, Einfluss auf Formenreichtum 420.  
 — z. S. d. Kryst. 69.  
 —, Zusammenhang der morphologischen und optischen 216.  
 Symmetrieelemente, primitive 470.  
 Symmetriegröße 469.  
 Symmetrielehre 468.  
 Symmetriesysteme 36.  
 Syngenit, opt. Eigensch. 617.  
 Syngonie 36.  
 Syngoniearten 39.  
 Systeme, geometrische 38.

**T.**

Talk von Canada 324.  
 Tennantit von Canada 325.  
 Teträthylamidodiphenylcarbinolsulfat, Oberflächenfarbe 635.  
 Thalliumalaun, isomorphe Mischung mit Kaliumalaun 396.  
 Thalliumnitrat, isomorphe Mischung mit Kaliumnitrat 363.  
 Thermodynamik der Krystalle 483.  
 Thinolith 562.  
 Thomsonit von Tirol 254.  
 Tilasit 508.  
 Tirolit, chem. Zusammens. 204.  
 Titanitpseudomorphosen von Dresden 613.  
 Topas, Einschlüsse 517.  
 —, Entwicklung der Formen 34.  
 —, Formensystem 448.  
 —, Projectionssymbole 449.  
 — von Japan 505.  
 — von N. S. Wales 221.  
 — von Utah 595.  
 Totalreflexion an dichten krystallinischen Substanzen 623.

Turmalin, Dichroismus f. ultraroth Strahlen 630.  
 —, Einschluss in Topas 517.  
 — von Caprera 183.  
 — von Indien 209.  
 — von N. York 335.

**U.**

Ultraviolette Strahlen, Brechung u. Dispersion in kryst. Subst. 103.  
 Universalinstrument 165.  
 Urometer 103.

**V.**

Vanadinammoniumalaun 195.  
 Vanadincäsiumalaun 196.  
 Vanadinrubicumalaun 195.  
 Vesuvian 507.  
 Vicinale Flächen 69.  
 Vicinale Formen 7.

**W.**

Wachstumsrichtung 70.  
 Wahrscheinlichkeitsrechnung, Anwendung in der Petrographie 177.  
 Wellsit 581.  
 Wismuthglanz von Canada 324.  
 Witherit, Verwachsung mit Baryt 615.  
 Wittichenit von Spanien 202.  
 Wolfsbergit 598.  
 — a. d. Philippinen 202.  
 Wollastonit von Passau 150.  
 Wulfenit von Massachusetts 504.

**X.**

Xenotim von Brasilien 213.  
 — von N. York 348, 335.

**Z.**

Zeolithe der Tiroler Centralalpen 239.  
 Zinkblende, Formensystem 448, 450.  
 — in Lignit 335.  
 —, Zersetzung d. kohlenaures Wasser 111.  
 Zinkblüthe 111.  
 Zinkit 333.  
 Zinnerz von Sibirien 523.  
 Zinnober v. Almadén, Bildung 203.  
 — von Brit.-Columbien 325.  
 — von Rocheux 108.  
 — von Spanien 201.  
 Zirkelit 213.  
 Zirkon von Alnö 506.  
 — vom Ural 519.  
 Zonen, freie 4.  
 Zonenhöfe 5.  
 Zonenlinien 4.  
 Zonensymbole, Berechnung aus einem Winkel 50.  
 Zufällige Formen 30.  
 Zwillingsebene, Berechnung 51.



## Berichtigungen und Zusätze.

### Zum 25. Bande.

Seite 281 Auszug 4 lies: »J. E. Wolff« statt »T. E. Wolff«.

- 281 Zeile 25 v. o. lies: »1893, **16**, 227—233« statt »1893, **16**, Nr. 12«.

### Zum 26. Bande.

Seite 634 Zeile 17 v. o. (letzte Zeile der Analyse) lies: »2,8720« statt »0,8720«.

### Zum 27. Bande.

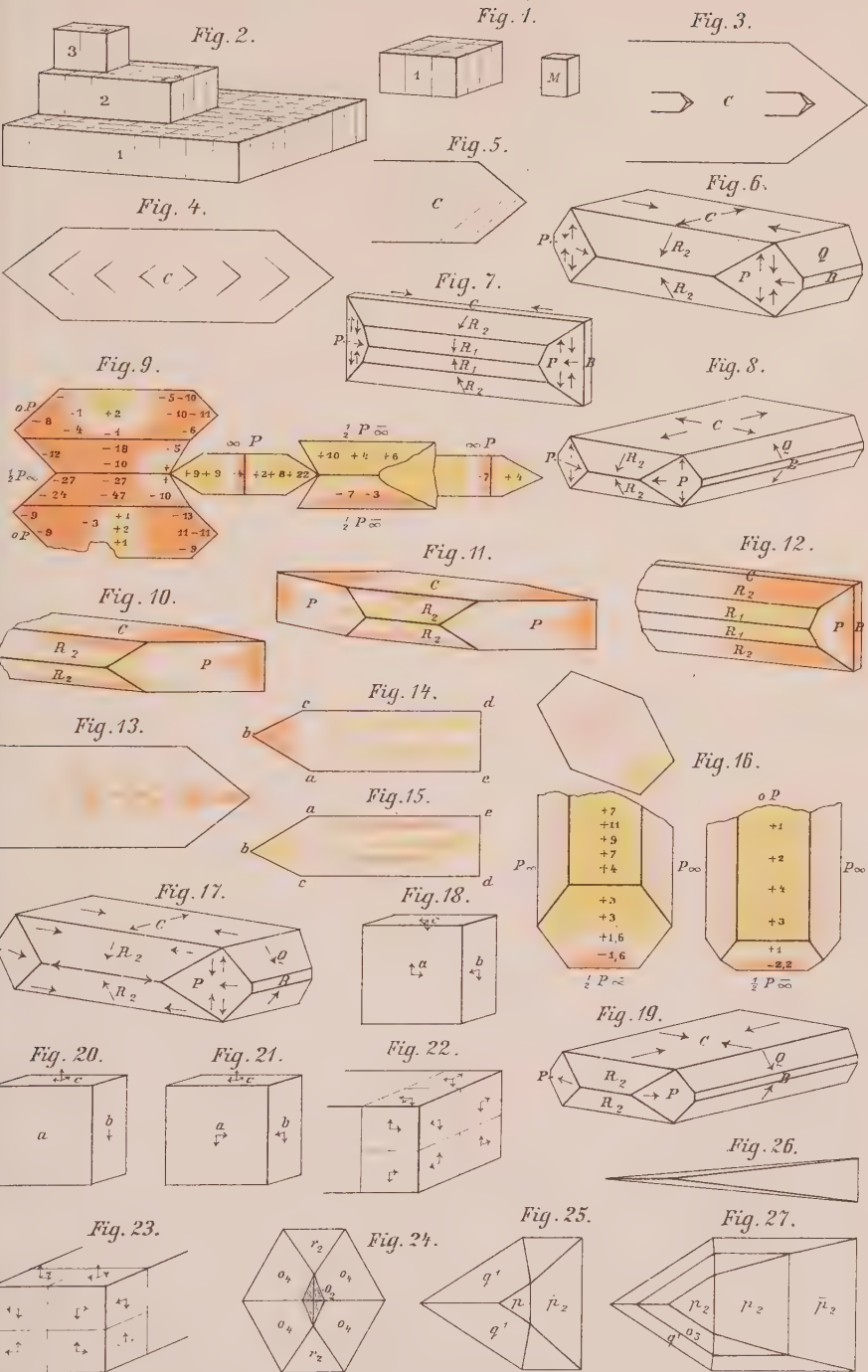
Seite 432 Zeile 14 v. o. ist die Summe der Analyse II und III »99,75 und 100,08« statt »100,10 und 100,64«.

- 568 - 41 v. o. lies: »Texas, Lancaster Co., Pennsylvanien« statt »Lancaster, Texas«.
- 627 - 13 v. o. lies: »Te« statt »Fe«.
- 636 - 4 v. o. sind »Beobachtet« und »Berechnet« verwechselt.
- 647 - 3 v. o. lies: »94,437« statt »94,407«.
- 647 - 4 v. o. - »100« statt »130«.
- 648 - 4 v. u. - »C. Klein« statt »G. Klein«.
- 3 v. u. - »G. Klement« statt »C. Klement«.
- 657 letzte Zeile lies: »538« statt »533«.

### Zum 28. Bande.

Seite 200 Zeile 2 v. o. lies: »1895, **30**, 455—465« statt »1895, **30**, 245«.

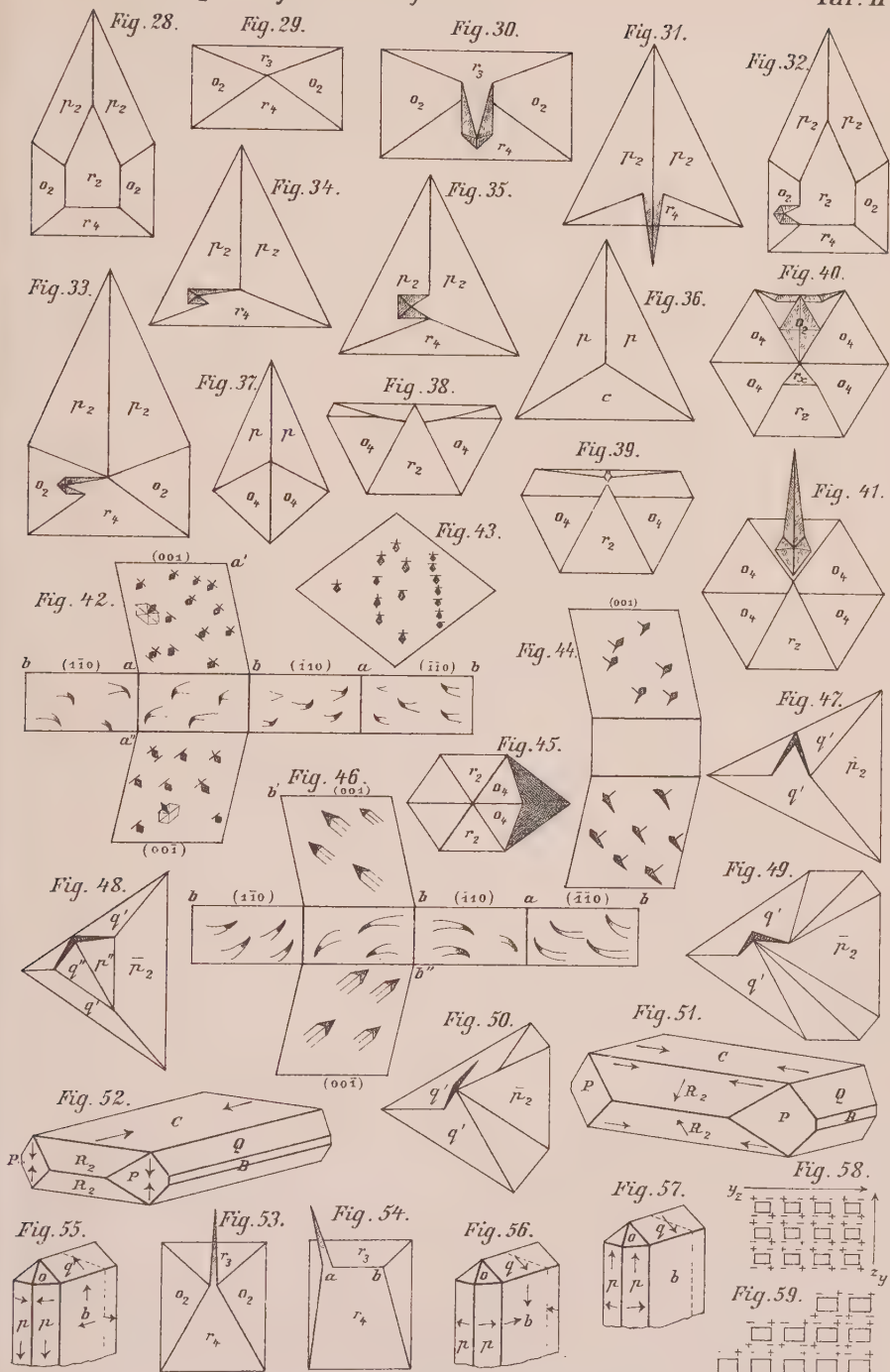
- 200 - 7 v. u. - »1896, **31**, 246—250« statt »1895, **31**, 196«.
- 202 - 20 v. u. - »Paraiso, Sierra Almagrera« statt »Paraiso<sup>1)</sup>« und streiche die Anmerkung.
- 202 - 21 v. u. - »Quiroguit« statt »Quirogit«.
- 212 - 10 v. u. - »5CaO, 3Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2TiO<sub>2</sub>« statt »3TiO<sub>2</sub>«.
- 241 - 19 v. u. - »Salpetersäurelösung« statt »Salpeterlösung«.
- 249 - 1 v. o. - »590 38'« statt »59" 38'«.
- 253 Tabelle, 3. Ziffernzeile lies: »— | —« statt »630 48' | 630 24«.
- 256 - 2. und 3. Ziffernzeile lies: »— | —« statt »880 42' | 880 48'«.
- | —« 94 6 | 94 12«.
- 258 Zeile 11 v. o. lies: »nachgerechnet« statt »umgerechnet«.
- 258 Tabelle, 2. Ziffernzeile lies: »— | —« statt »880 | 940«.
- 512 Zeile 25 v. u. lies: »1896, **53**, 469« statt »1896, **18**, 469«.
- 526 - 4 v. o. lies: »4Na<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> + 5H<sub>2</sub>O« statt »5Na<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> + 4H<sub>2</sub>O«.



J.Beckenkamp del.

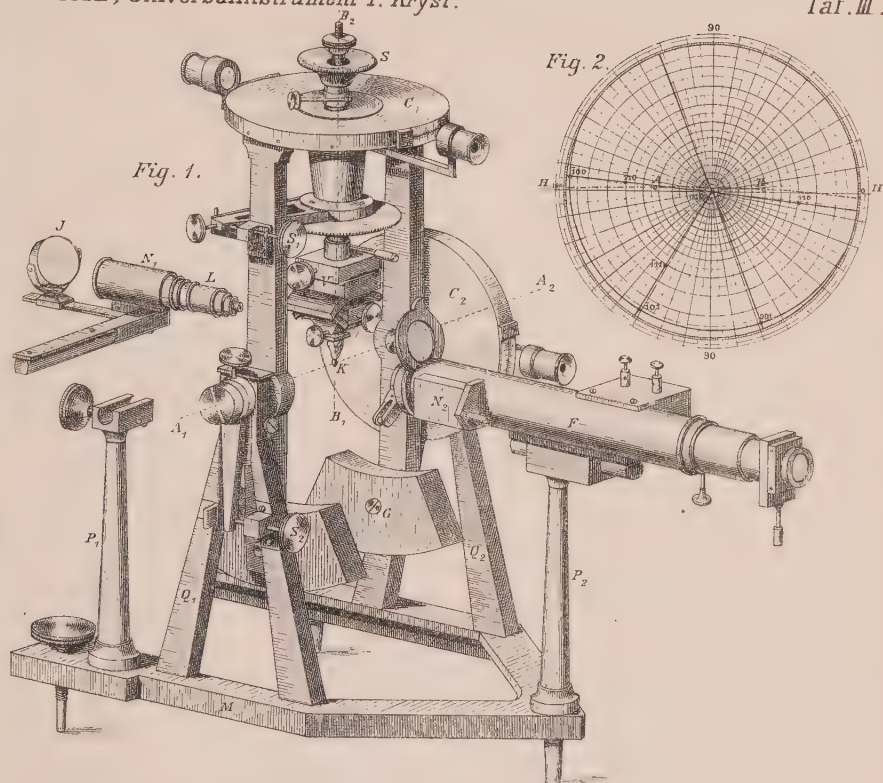
Lith. Hubert Köhler, München



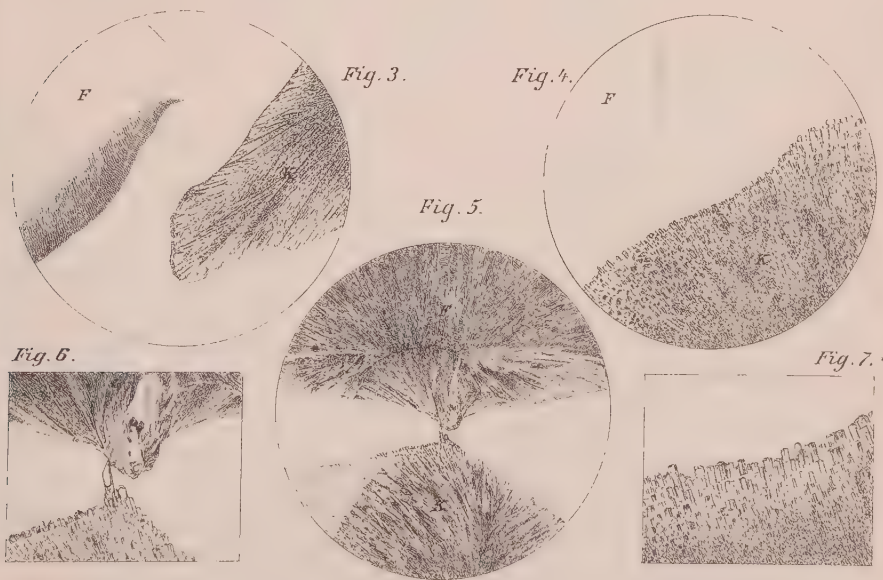








V. Goldschmidt, Krystallin. Entschmelzung.



n. Photogr. gez

Lith. Hubert Köhler-München



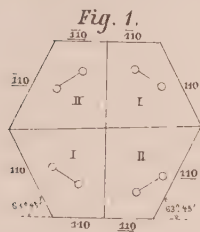


Fig. 2

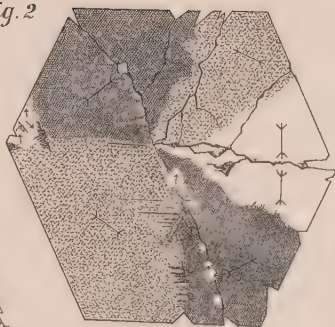


Fig. 3.

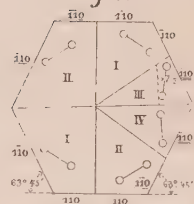


Fig. 4.

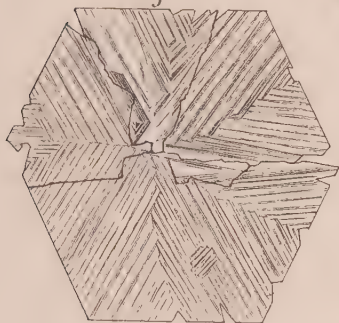


Fig. 7.

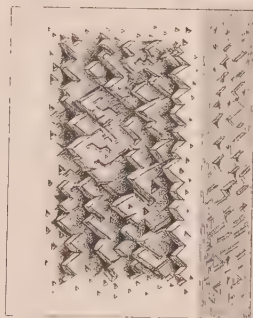


Fig. 5.

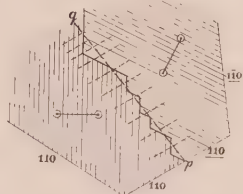


Fig. 6.

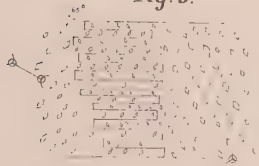


Fig. 13.

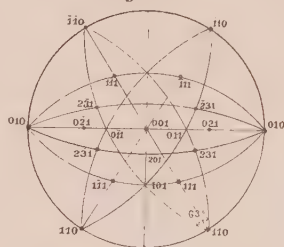


Fig. 8.

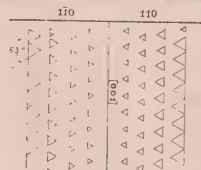


Fig. 9.

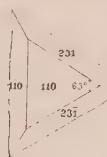


Fig. 10.

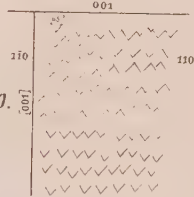


Fig. 11.

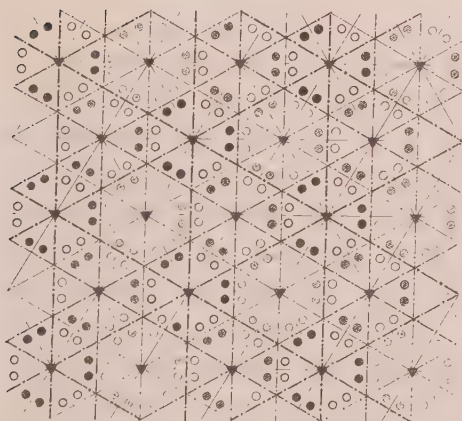
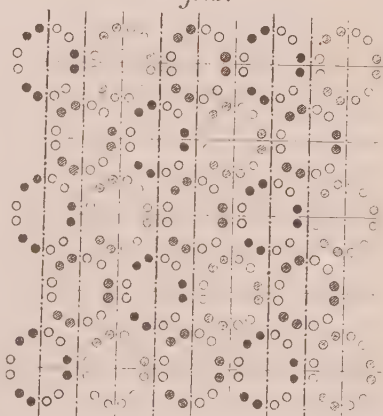
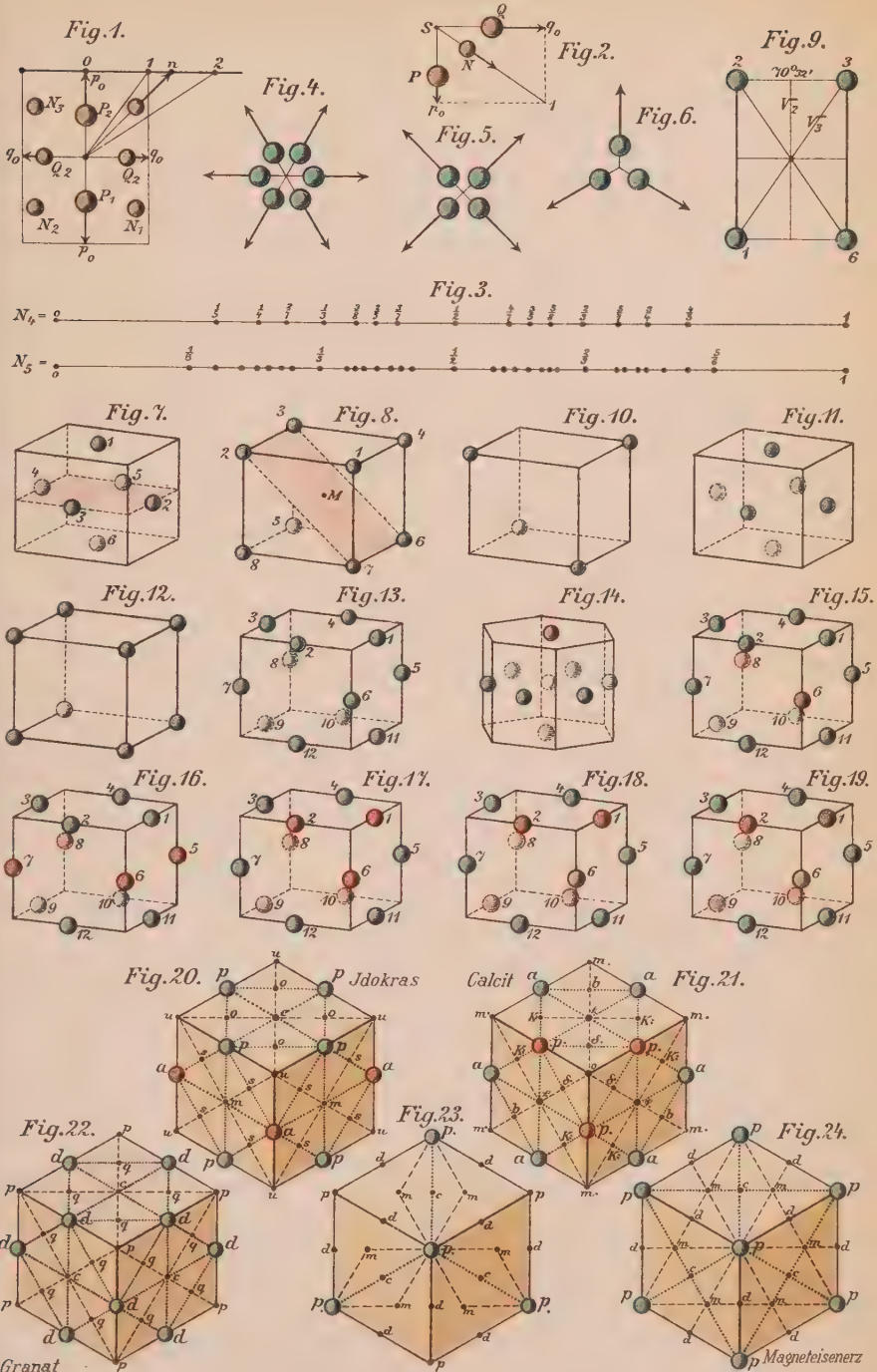


Fig. 12.







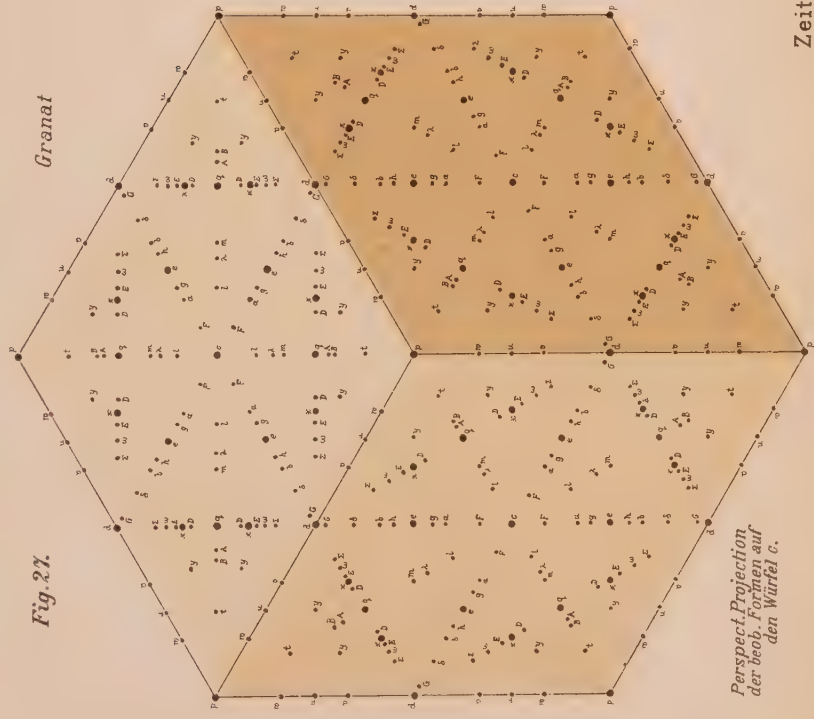






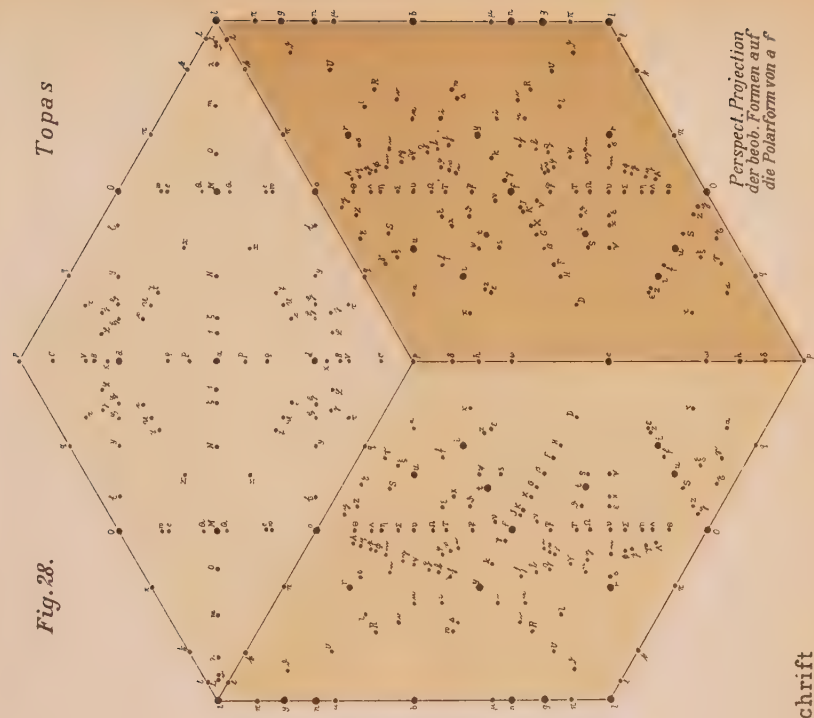






Perspect. Projection  
der beob. Formen auf  
den Würfel c.

V. Goldschmidt gez.



Perspect. Projection  
der beob. Formen auf  
die Polarform von a f

Lith. Hubert Koller, München.

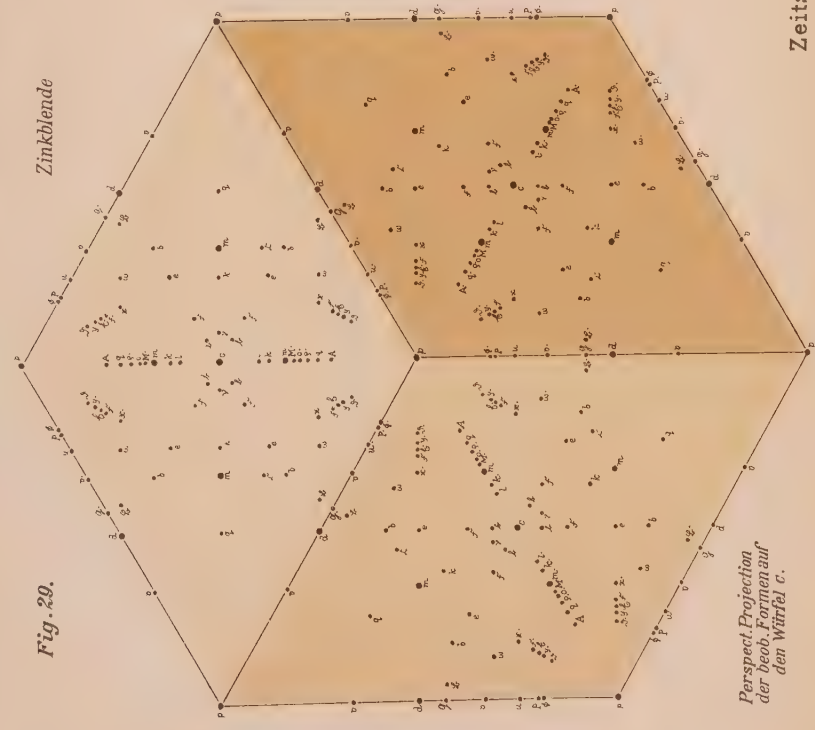
Zeitschrift

f. Krystallogr. u. Min. 28. Bd.



Fig. 29.

Zinkblende

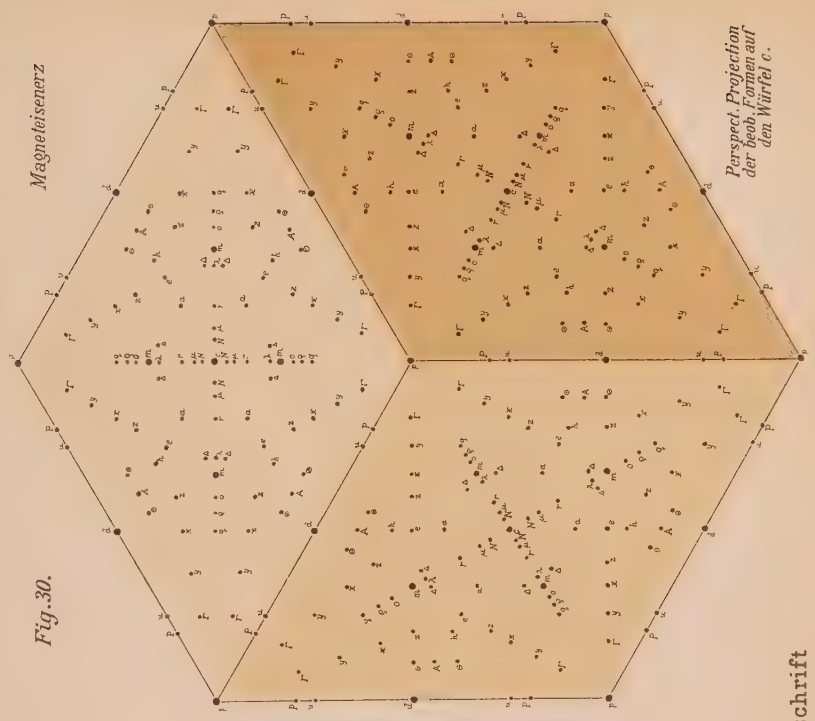


Perspect. Projection  
der beob. Formen auf  
den Würfel C.

V. Goldschmidt gez.

Fig. 30.

Magnetkieserz



Perspect. Projection  
der beob. Formen auf  
den Würfel C.

Lith. Robert Köhler, München.

Zeitschrift

f. Krystallogr. u. Min. 28. Bd.



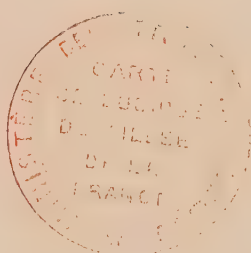






Fig. 1.

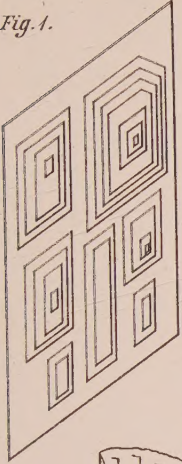


Fig. 3.

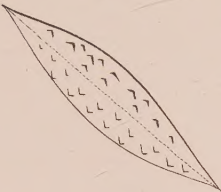


Fig. 2.

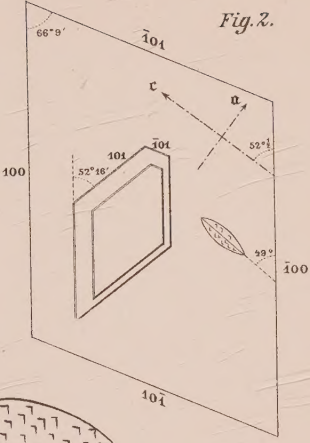


Fig. 4.

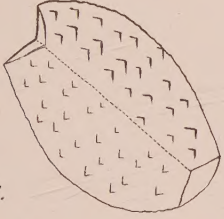


Fig. 8.

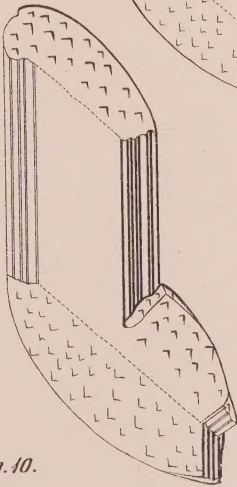


Fig. 5.

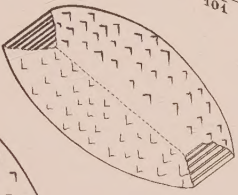


Fig. 7.

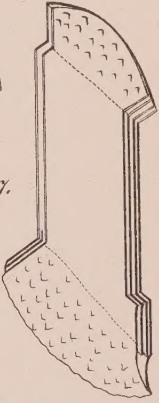


Fig. 6.

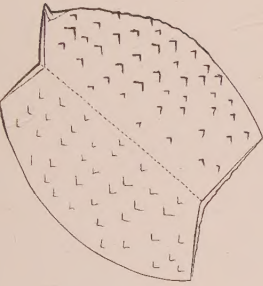


Fig. 11.

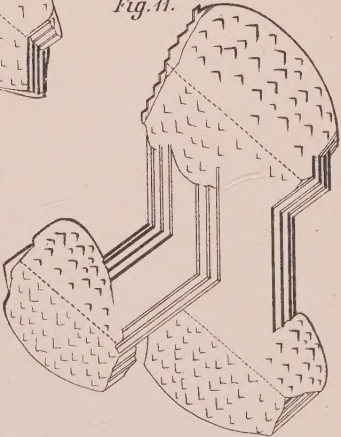


Fig. 9.

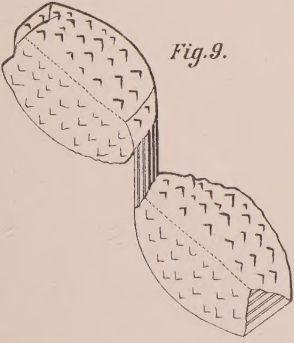


Fig. 10.

